



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS
EN BUSES EXTRAURBANOS, DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA**

Mario Roberto Lau Villegas

Asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS
EN BUSES EXTRAURBANOS DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ROBERTO LAU VILLEGAS

ASESORADO POR EL ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ABRIL 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN BUSES EXTRAURBANOS, DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 16 de septiembre de 2015.

Mario Roberto Lau Villegas

Guatemala, 6 de febrero de 2017

Ingeniero Roberto Guzmán Ortiz

Director Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente


Ingeniero Guzmán:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación "OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN BUSES EXTRAURBANOS DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA", elaborado por el estudiante Mario Roberto Lau Villegas.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Mario Lau, llena los objetivos planteados en el trabajo y me dirijo a usted para que sirva dar el visto bueno para que el presente trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran extiendan el título al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención.

Atentamente



Ing. Byron Palacios Colindres

Asesor de trabajo de graduación

Colegiado 5,641

Ing. Byron G. Palacios C.
Colegiado No. 5641



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.062.2017

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN BUSES EXTRAURBANOS, DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA**, desarrollado por el estudiante **Mario Roberto Lau Villegas**, CUI **1991-51563-0101**, Registro Académico **201020193** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero 2017



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.138.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN BUSES EXTRAURBANOS, DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA**, del estudiante **Mario Roberto Lau Villegas**, CUI 1991-51563-0101, Registro Académico No. **201020193** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, abril de 2017

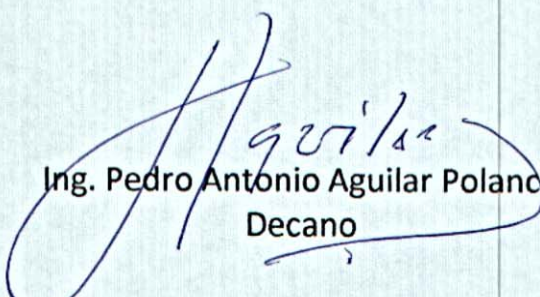
/aej



DTG. 173.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN BUSES EXTRAURBANOS, DE LA EMPRESA VELOZ PORTEÑA**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Roberto Lau Villegas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la oportunidad y bendición que me brindó para completar esta etapa de mi vida.
Mis padres	Por el amor incondicional durante todos los años de la carrera.
Mi hermana	Por brindarme su apoyo cada vez que lo necesitaba.
Mi abuelo	Julio Lau, que me ha guiado por el mejor camino desde el cielo
Mi hermano	Manuel Alberto quien desde el cielo espero este orgulloso de mí.
Mi familia en general	Por la confianza que depositaron en mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ayudarme a lograr mis metas a nivel profesional y personal.
Facultad de Ingeniería	Por influenciarme en todos los aspectos necesarios para ser una mejor persona.
Ing. Byron Palacios	Por sus consejos y apoyo brindado para llegar a este logro.
Mi padrino	Por acompañarme en un día tan importante como este.
Empresa de Transportes extraurbano Veloz Porteña	Por permitirme llevar a cabo mi trabajo de graduación.
Catedráticos de la facultad	Por las enseñanzas brindadas durante los años de estudio.
Mis amigos de la infancia	Alejandra, Cristian, Elder, Gabriela, Giovanni, Jimmy, Joaquín, Luis, Otto, Orlando, Pablo, Roberto, Romeo, Walter

**Mis amigos
de la facultad**

André, Aldo, Ariel, Berny, Carlos, Diego, Dan,
Edy, Gabriel, Gustavo, José Manuel, Jorge,
Julio, Kimberly, Manuel, María Victoria,
Stefanie, Rigoberto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña de la empresa.....	1
1.2. Diagnóstico del mantenimiento preventivo de la empresa	2
1.3. Áreas que atiende actualmente el mantenimiento preventivo de la empresa	9
1.3.1. Área de frenos	9
1.3.2. Área de lubricación	11
1.3.3. Área de mecánica general	12
1.4. Registro de los mantenimientos y fallas	12
2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	13
2.1. ¿Qué es mantenimiento?	13
2.2. Tipos de mantenimiento	13
2.3. Del mantenimiento preventivo	14
2.3.1. Definición	14
2.3.2. Función.....	14
2.3.3. Ventajas.....	16
2.3.4. Desventajas	16

2.4.	Descripción de las partes principales que componen los buses diésel pertenecientes a la empresa	17
2.4.1.	Motor	17
2.4.1.1.	Motor Caterpillar 3208 turbo.....	27
2.4.1.2.	Motor international DT 466	29
2.4.2.	Caja de velocidades por sistema de clutch	30
2.4.3.	Diferencial	33
2.4.4.	Sistema de frenos de aire.....	35
2.4.5.	Sistema de dirección	39
2.4.6.	Sistema eléctrico	40
2.4.7.	Carrocería	42
3.	PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	45
3.1.	Plan de mantenimiento preventivo optimizado.....	45
3.1.1.	Inspección diaria para la localización de fallas.....	51
3.1.2.	Servicio menor	53
3.1.3.	Servicio mayor.....	55
3.1.4.	Servicio mayor completo	56
3.1.5.	Cambio programado respecto al tiempo	58
3.2.	Uso del mantenimiento correctivo	59
3.3.	Acciones correctivas	60
3.4.	Mantenimiento de partes principales del bus	65
3.4.1.	Lubricación periódica	65
3.4.2.	Mantenimiento de carrocería.....	68
3.4.3.	Mantenimiento del sistema eléctrico	70
3.4.4.	Mantenimiento de los neumáticos	72
3.4.5.	Sistema de combustible	75
3.5.	Inventario de repuestos.....	77

3.6.	Coordinación para conseguir repuestos carentes en el inventario	81
4.	FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	83
4.1.	Recursos humanos necesarios	84
4.2.	Diseño de fichas de control	85
4.2.1.	Para inventario.....	85
4.2.2.	Para un orden de trabajo	86
4.2.3.	Para historial de un bus	86
4.2.4.	Para un reporte de actividades	87
4.3.	Diseño de archivo	87
5.	INFORME PARA EL SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA PROPUESTO.....	89
	CONCLUSIONES	93
	RECOMENDACIONES.....	95
	BIBLIOGRAFÍA	97
	APÉNDICE.....	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Inspección visual de frenos	9
2.	Cojinete de rodamiento	11
3.	Cilindro interno de un motor	22
4.	Pistón	23
5.	Segmento	23
6.	Biela	24
7.	Vista inferior de un block de motor con cigüeñal	25
8.	Cigüeñal	25
9.	Vista superior de una culata de motor	26
10.	Vista inferior de una culata de motor	27
11.	Motor Caterpillar 3208 Turbo sobre banco de trabajo	28
12.	Motor interational DT 466	30
13.	Clutch	31
14.	Disco de clutch	31
15.	Vista superior de una caja de velocidades	32
16.	Caja de velocidades sobre chasis	32
17.	Diferencial desmontado	33
18.	Descripción de piezas del diferencial	35
19.	Compresor	36
20.	Actuador	36
21.	Tensor de ajuste	37
22.	Esquema de circuito de aire	38
23.	Conjunto de dirección	39

24.	Alternador en motor International DT 466.....	41
25.	Motor de arranque atornillado a motor.....	41
26.	Carrocería.....	43
27.	Vista de eje trasero y carrocería.....	44
28.	Varilla de nivel de aceite.....	52
29.	Grasa utilizada.....	67
30.	Cruceta de transmisión.....	67
31.	Pasador y buje de resortaje.....	68
32.	Tornillo de unión de carrocería y chasis.....	69
33.	Resortaje delantera sujetado por pernos tipo U.....	69
34.	Vista de luces frontales.....	71
35.	Vista de luces traseras.....	71
36.	Figura 36. Luz LED.....	72
37.	Neumático.....	73
38.	Desgaste irregular.....	73
39.	Medición de la profundidad del neumático.....	74
40.	Inyector diésel.....	75
41.	Bomba de inyección de motor CATERPILLAR 3208.....	76
42.	Base con filtro de diésel.....	76
43.	Filtro de aceite.....	80

TABLAS

I.	Debilidades de la empresa.....	6
II.	Debilidades principales de la empresa.....	7
III.	Selección de muestra de debilidades.....	8
IV.	Debilidades con mayor puntuación.....	8
V.	Tabla de rectificación.....	10
VI.	Conversión de horas de trabajo a kilómetros promedio.....	46

VII.	Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de motor.....	47
VIII.	Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de caja de velocidades Eaton.....	48
IX.	Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de diferencial Eaton.....	49
X.	Mantenimiento periódico para aceite de caja de velocidades Eaton....	50
XI.	Mantenimiento periódico para aceite diferencial Eaton.....	51
XII.	Descripción de código máquina	61
XIII.	Código máquina de la empresa	62
XIV.	Descripción código trabajo	63
XV.	Detalle de filtro	81

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetros
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
km	Kilómetros
kPa	kiloPascal
psi	Libras por pulgada cuadrada
mm	Milímetros
kg	Peso en kilogramos
libras	Peso en libras
r.p.m.	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Ajuste	Acomodación de una cosa respecto de otra que está estrechamente vinculada a la primera.
Atomizar	Reducir un líquido a partículas muy pequeñas.
Bomba de inyección	Elemento mecánico que recibe el combustible y lo distribuye mediante tuberías a los inyectores.
Carga dinámica	Es la carga a la cual se somete un elemento que recibe cambios repentinos de intensidad y cambio de posición.
Centra Sur	Estación de carga y descarga de pasajeros que vienen del sur del país.
Engrasar	Método de cubrir orificios o elementos de aceites o grasas lubricante para reducir la fricción.
FODA	Fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas
Faja	Elemento de goma que enlaza poleas o piñones para generar movimiento.

Inventario	Lista ordenada de bienes y demás cosas valorables que pertenecen a una persona, empresa o institución.
Inyector	Elemento que como su nombre lo indica inyecta el diésel en forma atomizada a la cámara de combustión.
<i>Outsourcing</i>	Proceso por el cual una empresa da una porción de su trabajo para que lo realice otra de manera más eficiente para reducir costos o por que no cuenta con los medios para realizar esa tarea.
Polea	Rueda plana de metal que gira sobre su eje y sirve para transmitir movimiento en un mecanismo por medio de un cable, faja o correa.
Resorte	Pieza elástica en espiral, generalmente de metal, que se usa en ciertos mecanismos por la fuerza que desarrolla al recobrar su posición natural después de haber sido deformada.

RESUMEN

La empresa de buses extraurbanos Transportes Veloz Porteña que se ha caracterizado siempre por la calidad del servicio que brinda, se dedica al transporte de pasajeros de la ciudad capital de Guatemala hacia el Puerto de San José en Escuintla; siempre vela por la seguridad de sus pasajeros en las carreteras del país.

Por esa razón el mantenimiento que le brinda a sus buses debe ser de alta calidad para evitar accidentes que provoquen daños materiales y pérdidas de vidas humanas.

Lo que la ha llevado a pensar en una propuesta que le ayude a optimizar su plan de mantenimiento el cual creen tiene muchos cabos sueltos que no quieren dejar al descubierto para mantener la calidad de su servicio.

Este trabajo de graduación evaluará los diferentes aspectos a mejorar en su mantenimiento preventivo y les planteará las mejoras que deben realizar;; también, se implementará la idea de realizar servicios de la manera más ordenada y efectiva. Para el respaldo de todas estas actividades, también, se planteará la inclusión de fichas de trabajo e historiales, para registrar todas las actividades realizadas y así tener un respaldo de todo lo que sucede dentro de la empresa.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio de optimización del mantenimiento preventivo, para la reducción de fallas en buses extraurbanos de la empresa transportes veloz porteña.

Específicos

1. Determinar las debilidades del mantenimiento preventivo en los buses de la empresa y así proponer una mejora.
2. Proponer, mediante una nueva serie de pasos, la manera en que se realizan todos los procedimientos que practica la empresa en el mantenimiento de los buses.
3. Realizar órdenes de mantenimiento detalladas que sirvan como una herramienta de control para los trabajos realizados.
4. Hacer un informe para el nuevo plan de mantenimiento optimizado y así determinar los cambios que se han logrado gracias a este.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo consta de un estudio interno en la empresa para poder implementar una mejora en sus planes de mantenimiento, llevando a cabo un FODA que ayudará a saber desde diferentes puntos de vista las cosas que se están realizando bien y mal siempre con el objetivo de mejorar.

En la primera parte se dará a conocer el funcionamiento actual de la empresa, sus métodos de trabajo, cómo los realizan, quiénes son los encargados y la forma en que trabajan los buses diariamente.

Seguido se encontrará la definición de los términos que se utilizará para mejorar el mantenimiento dentro de la empresa; también, se desglosaran las partes más importante de un bus, se explicará su funcionamiento para saber que tipo de actividades requieren para prevenir fallas repetitivas que afectan tanto a la empresa como al usuario.

La propuesta del estudio planteará desde cómo hacer una inspección diaria menor, hasta los mantenimientos de las partes principales del bus con la ayuda de fichas de control de los trabajos y de los buses; lo que dará como resultado la optimización o mejora del trabajo del departamento de mantenimiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Reseña de la empresa

La empresa de transportes extraurbano Veloz Porteña fue fundada por Julio Antonio Lau Morales en el año de 1970. Inició sus operaciones en Masagua, Escuintla, cubriendo esa ruta durante 10 años; posteriormente amplió su ruta: desde la ciudad capital de Guatemala hacia el Puerto de San José, Escuintla, y el Puerto de Iztapa. Logra consolidarse como una de las empresas que brindan el transporte hacia estos destinos promoviendo el turismo hacia las costas del sur del país. Se logra la alianza con los equipos deportivos de futbol de la costa sur al brindar el transporte de los jugadores y directiva a los distintos puntos del país y así expandir su confiabilidad en el servicio de viajes fuera de la ruta normal de trabajo.

La empresa se caracteriza por brindar un servicio diario en buses de parrilla, con turnos rotativos; junto a esta empresa hay otras que se dedican a cubrir la misma ruta por lo que se creó la asociación Transpacífico la cual estandarizó los colores de los buses, el tiempo de carga en la estación de buses CENTRA SUR y el lugar de estacionamiento. Dado que dentro de la asociación existen varias empresas, el tema del mantenimiento se maneja por separado y no es igual para todos los buses.

Este trabajo está dirigido exclusivamente a la empresa Transportes Veloz Porteña ya que cada empresa tiene una dinámica diferente de cómo aplicar correctamente un mantenimiento preventivo.

En conclusión, la empresa prioriza aumentar la calidad del servicio más allá de lo que espera el pasajero que aborda un bus; también, buscan promover el turismo y, brindar seguridad en el trayecto para que no ocurra ningún percance de gravedad.

1.2. Diagnóstico del mantenimiento preventivo de la empresa

La forma actual de operar dentro de la empresa se basa en la cantidad de buses que se encuentran trabajando y en el tiempo que se mantienen en el taller antes de realizar su recorrido.

Los buses realizan su recorrido diario con turnos rotativos los cuales dan cierta cantidad de tiempo para realizar el mantenimiento preventivo o correctivo; este tiempo se estipula según la hora cuando el bus sale del Puerto de San José hasta llegar al Centra Sur; después de ese recorrido el bus se dirige al taller a realizar las operaciones pertinentes o solo a esperar su hora de salida.

El tiempo con que se cuenta entre el ingreso y salida del bus desde el CENTRA SUR es aproximadamente de 4 o 5 horas en las cuales, dependiendo del reporte verbal que presente el piloto sobre problemas que tiene el bus, se coordina el mantenimiento; dado que en ese lapso de tiempo se cuenta con 8 buses espaciados por 20 minutos desde la hora de su ingreso al taller, se le da prioridad al reporte de mayor gravedad para poder realizarlo en el tiempo disponible; esto se decide según criterio del dueño de la empresa o del técnico. Esto debe cambiar por una forma o decisión más metódica.

Uno de los mayores problemas es la falta de reporte de fallas del bus por parte de los pilotos que no revisan sus unidades; algunos no están capacitados para saber cuál es la forma correcta de inspeccionar un bus; otra causa es la

carencia de repuestos por la inexistencia de inventario. La unión de estas dos causas genera un problema: se trabaja con menos tiempo, se realizan trabajos sin terminar o, en el peor de los casos, el bus ya no termina su recorrido lo que inmediatamente produce pérdidas para la empresa.

Con la información anteriormente descrita, se planteó que la mejor manera de diagnosticar el funcionamiento interno de la empresa respecto al mantenimiento preventivo era realizar un análisis FODA para buscar los puntos más fuertes y débiles en todas las áreas, y así saber en qué puntos se debe trabajar para mejorar.

Esto se debe a que no hay registro de los mantenimientos y de las fallas de cada bus, el *stock* de repuestos a veces falla dado que no hay inventario y tampoco hay órdenes escritas que avalen el uso de un repuesto.

Lo cual deja al encargado del mantenimiento en una situación delicada en la cual no tiene ni base ni fundamentos para respaldar todos los trabajos que realice en un futuro; y tampoco para saber el historial de mantenimiento de un bus.

Al iniciar el análisis FODA sobre el mantenimiento preventivo, se reunieron integrantes de la empresa para que dieran a conocer sus puntos de vista sobre las debilidades y fortalezas que se tienen en cada una de sus áreas; para esto también se plantearon reuniones una vez por semana durante un mes para no afectar el funcionamiento de la empresa.

En las reuniones se contó con la presencia del dueño de la empresa, el técnico encargado de los mantenimientos, dos de los pilotos con más

experiencia, un piloto con poca experiencia y un intermediario, que llevaría a cabo todo el proceso del análisis FODA.

Durante el mes que duraron las reuniones se les pidió plantear metas para cada área así como poder distribuir proporcionalmente el trabajo y, por último, determinar a responsables por actividad; el intermediario sería el encargado de enumerar las debilidades y darles la relevancia que les corresponde para poder tomar una decisión de cómo se llevará a cabo la decisión final.

A continuación, se detallan las opiniones presentadas por cada uno de los involucrados los cuales el intermediario incluyó en el análisis FODA.

- Fortalezas
 - Personal experimentado
 - Asistencia en el camino
 - Conocimiento de *outsourcing*
 - Respuesta inmediata al realizar mantenimiento correctivo
 - Conocimiento en la compra de repuestos
 - Buena ubicación respecto al muelle de carga
 - Mejora de los equipos
- Oportunidades
 - Capacitaciones
 - Apoyo del gobierno
 - Expansión de la ruta por parte de la municipalidad
 - Contratación para viajes

- Debilidades
 - No hay manual del equipo
 - Falta de inventario
 - Motores antiguos
 - Mal control de los mantenimientos
 - Falta de registro de los mantenimientos
 - Poca planificación
 - Falta de información por parte del piloto
 - Malas instalaciones
 - Falta de personal
 - Mala práctica en la forma de realizar los mantenimientos
 - Falta de criterio para delegar trabajos
 - Pilotos con poca responsabilidad
 - Falta de tiempo para atender todas las reparaciones
 - Falta de control de los recursos asignados
 - Falta de seguridad al realizar los trabajos
 - Falta de aire comprimido
 - Falta de órdenes de trabajo
 - Falta de procedimientos para tareas específicas

- Amenazas
 - Accidentes
 - Altos precios de los repuestos
 - Malas carreteras
 - Extorsiones
 - Pilotos con poca responsabilidad por parte de otras empresas
 - Malas carreteras

Después de recolectar toda la información proporcionada por parte de los involucrados, el intermediario procedió a ordenar las debilidades y las coloco en una tabla para que cada integrante votara sobre que debilidad afecta más el proceso de trabajo en la empresa. En la siguiente tabla se observa la cantidad de votos que obtuvo cada debilidad.

Tabla I. **Debilidades de la empresa**

Núm.	Debilidad	Integrantes del grupo					Total
		1	2	3	4	5	
1	No hay manual del equipo	X	X	X	X		4
2	Falta de inventario	X	X	X	X		4
3	Motores antiguos	X	X				2
4	Mal control de los mantenimientos	X	X	X			3
5	Falta de registro de los mantenimientos	X	X		X		3
6	Poca planificación		X	X			2
7	Falta de información por parte del piloto	X	X				2
8	Malas instalaciones	X	X	X			3
9	Falta de personal	X	X	X			3
10	Mala práctica en la forma de realizar los mantenimientos	X	X				2
11	Falta de criterio para delegar trabajos		X	X			2
12	Pilotos con poca responsabilidad	X	X				2
13	Falta de tiempo para atender todas las reparaciones				X		1
14	Falta de control de los recursos asignados	X	X				2
15	Falta de seguridad al realizar los trabajos	X	X				2
16	Falta de órdenes de trabajo	X		X	X		3
17	Falta de aire comprimido		X	X	X		3
18	Falta de procedimientos para tareas específicas	X	X	X			3

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados de la tabla I el intermediario procedió a ordenar las debilidades que más votos obtuvieron clasificándolas por prioridad de la siguiente manera:

- Baja = 1 voto
- Baja = 2 votos
- Media = 3 votos
- Alta = 4 votos
- Alta = 5 votos

En la tabla II, se muestran las debilidades que más votos obtuvieron y a que prioridad pertenecen. Quedaron 8 debilidades con prioridad media y alta.

Tabla II. Debilidades principales de la empresa

Núm.	Debilidad	Integrantes del grupo	Total
		Prioridad	
1	No hay manual del equipo	Alta	4
2	Falta de inventario	Alta	4
3	Falta de registro de los mantenimientos	Media	3
4	Malas instalaciones	Media	3
5	Falta de personal	Media	3
6	Falta de órdenes de trabajo	Media	3
7	Falta de aire comprimido	Media	3
8	Falta de procedimientos para tareas específicas	Media	3

Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso del proceso es la selección de una muestra de debilidades; para este caso, la muestra será de 5 debilidades las cuales deben ayudar a integrar todas las debilidades que se plantearon en el análisis FODA. Para la selección de la muestra se le dará una puntuación sobre 100 puntos a cada debilidad por parte de cada integrante del grupo y según el promedio obtenido se seleccionará la muestra.

Tabla III. Selección de muestra de debilidades

Núm.	Debilidad	Integrantes del grupo					Prom.
		1	2	3	4	5	
1	No hay manual del equipo.	87/100	82/100	79/100	88/100	81/100	83,5
2	Falta de inventario	90/100	75/100	80/100	82/100	88/100	83
3	Falta de registro de los mantenimientos	79/100	77/100	90/100	80/100	78/100	80,8
4	Malas instalaciones	70/100	60/100	72/100	75/100	64/100	68,2
5	Falta de personal	60/100	80/100	90/100	78/100	70/100	75,6
6	Falta de órdenes de trabajo	82/100	80/100	84/100	83/100	80/100	81,8
7	Falta de aire comprimido	60/100	70/100	73/100	65/100	61/100	65,8
8	Falta de procedimientos para tareas específicas	70/100	80/100	85/100	90/100	80/100	81

Fuente: elaboración propia.

Con las puntuaciones obtenidas y el cálculo de los promedios, la muestra de las 5 debilidades queda de la siguiente manera:

Tabla IV. Debilidades con mayor puntuación

Núm.	Debilidad	Puntuación final
1	No hay manual del equipo.	83,5
2	Falta de inventario	83
3	Falta de órdenes de trabajo	81,8
4	Falta de procedimiento para las tareas específicas	81
5	Falta de registro de los mantenimientos	80,8

Fuente: elaboración propia.

Esta muestra de 5 debilidades ayudará al intermediario a proponer una optimización del plan de mantenimiento actual que abarque soluciones para todas las debilidades planteadas durante el proceso y ayude a la empresa a tener métodos de trabajo más eficientes y seguros.

1.3. Áreas que atiende actualmente el mantenimiento preventivo de la empresa

Para lograr darle un mantenimiento óptimo a los buses la empresa separa los trabajos realizados por áreas, para atenderlas por separado y tener un mejor resultado.

El problema es la capacidad de atender cada área como se debe, dado que casi todos los trabajos los realiza una sola persona; se intenta programar las reparaciones para que todos los trabajos se adecuen al tiempo que cada bus tiene para realizar las reparaciones. Esta debilidad fue planteada en el análisis FODA.

1.3.1. Área de frenos

En esta área, una de las más importantes en los buses, el procedimiento consta de quitarle graduación a los frenos e inspeccionar visualmente el grosor de la fricción y así decidir si se procederá a su cambio: esta acción es ineficiente ya que se debe de usar un método en el cual se tenga una base para saber cómo actuar en el mantenimiento de los frenos.





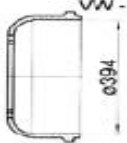
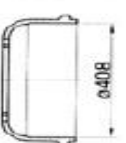
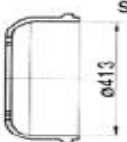
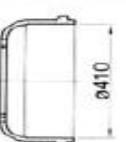
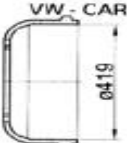
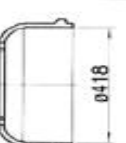
Figura 1. Inspección visual de frenos



Fuente: elaboración propia.

Si se hace el cambio de la fricción se desmonta la rueda y el tambor respectivamente para tener el área de trabajo despejada; en el momento de desarmado se revisan los cojinetes de rodamiento (figura 2) para verificar que no tengan desgaste o picaduras; también, se revisa que el retenedor de rueda, el cual no debe tener fugas de aceite; por último, los tambores que no deben tener grada muy pronunciada o desgaste irregular y no exceder el diámetro interno de $422,2 + 0,3$ que muestra la tabla V:

Tabla V. **Tabla de rectificación**

 <p>VW</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>324,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>326,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	324,0+0,3	MEDIDA 1X	326,0+0,3	 <p>MERCEDES BENZ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>306,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>307,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 2X</td> <td>302,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	306,0+0,3	MEDIDA 1X	307,0+0,3	MEDIDA 2X	302,0+0,3
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	324,0+0,3														
MEDIDA 1X	326,0+0,3														
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	306,0+0,3														
MEDIDA 1X	307,0+0,3														
MEDIDA 2X	302,0+0,3														
 <p>VW - FORD - GM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>381,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>384,2+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	381,0+0,3	MEDIDA 1X	384,2+0,3	 <p>MERCEDES BENZ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>304,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>305,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 2X</td> <td>306,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	304,0+0,3	MEDIDA 1X	305,0+0,3	MEDIDA 2X	306,0+0,3
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	381,0+0,3														
MEDIDA 1X	384,2+0,3														
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	304,0+0,3														
MEDIDA 1X	305,0+0,3														
MEDIDA 2X	306,0+0,3														
 <p>VW - VOLVO - FORD - GM - FIAT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>394,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>397,2+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	394,0+0,3	MEDIDA 1X	397,2+0,3	 <p>MERCEDES BENZ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>408,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>410,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 2X</td> <td>412,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	408,0+0,3	MEDIDA 1X	410,0+0,3	MEDIDA 2X	412,0+0,3
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	394,0+0,3														
MEDIDA 1X	397,2+0,3														
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	408,0+0,3														
MEDIDA 1X	410,0+0,3														
MEDIDA 2X	412,0+0,3														
 <p>SCANIA - CARRETAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>413+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>416,2+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	413+0,3	MEDIDA 1X	416,2+0,3	 <p>MERCEDES BENZ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>410,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>412,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 2X</td> <td>414,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	410,0+0,3	MEDIDA 1X	412,0+0,3	MEDIDA 2X	414,0+0,3
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	413+0,3														
MEDIDA 1X	416,2+0,3														
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	410,0+0,3														
MEDIDA 1X	412,0+0,3														
MEDIDA 2X	414,0+0,3														
 <p>VW - CARRETAS - FORD - GM - FIAT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>419,3+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>422,7+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	419,3+0,3	MEDIDA 1X	422,7+0,3	 <p>MERCEDES BENZ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RETIFICA</th> <th>DIÁMETRO PATIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STANDARD</td> <td>418,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 1X</td> <td>420,0+0,3</td> </tr> <tr> <td>MEDIDA 2X</td> <td>422,0+0,3</td> </tr> </tbody> </table>	RETIFICA	DIÁMETRO PATIN	STANDARD	418,0+0,3	MEDIDA 1X	420,0+0,3	MEDIDA 2X	422,0+0,3
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	419,3+0,3														
MEDIDA 1X	422,7+0,3														
RETIFICA	DIÁMETRO PATIN														
STANDARD	418,0+0,3														
MEDIDA 1X	420,0+0,3														
MEDIDA 2X	422,0+0,3														

Fuente: Manual técnico. *Aseguramiento de la calidad y seguridad*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/TABLA%20V%20PAG%2014%20%20.pdf. Consulta: 11 de octubre de 015.

Figura 2. **Cojinete de rodamiento**



Fuente: elaboración propia

1.3.2. Área de lubricación

Esta área está encargada de proporcionar los cambios de aceite de motor, caja de velocidades y diferencial del bus.

El cambio de aceite de motor se realiza quitando los filtros de aceite, vaciando el motor del aceite usado y reemplazándolo por aceite nuevo y filtros nuevos; el problema con este mantenimiento es que cada servicio se realiza por días trabajados hasta cumplir un mes con quince días y no por kilometraje como se debería de hacer según las especificaciones del fabricante.

Con respecto a la caja de velocidades y diferencial se le cambia cada año pero se nivelan al momento de observar fugas.

En esta área no hay órdenes de trabajo para llevar el control de los cambios, está más apegada a que el piloto del bus esté al tanto de cuál es la fecha del siguiente servicio.

1.3.3. Área de mecánica general

Después de darle prioridad a las dos áreas más importantes en la seguridad y funcionamiento de un bus; en esta área se reparte el trabajo de los demás componentes del bus: el piloto debe reportar cualquier falla o anomalía que presente el bus al técnico a cargo para que realice la reparación correspondiente; por ejemplo: la vibración del eje cardan la cual puede ser ocasionada por alguna balinera (dado) de la cruz que ya este dañada.

En esta área lo que más dificulta su funcionamiento es cuando se presenta una falla y no se tiene el repuesto a disposición para proceder a cambiarlo y se recurre a contactar a la venta de repuestos la cual por motivos de pedidos no entrega el repuesto a tiempo lo cual genera un atraso el trabajo.

1.4. Registro de los mantenimientos y fallas

Esta es una de las partes más delicadas dado que no existe un registro o historial de los trabajos realizados.

Todo bus debería de contar con un historial que facilitaría la implementación de su mantenimiento y ayudaría a llevar un control más detallado de los repuestos nuevos que se le han colocado; esta área es una de las más descuidadas ya que el procedimiento más cercano para llevar un registro de actividades es apuntar en un cuaderno los cambios de aceites y algunas reparaciones mayores.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. ¿Qué es mantenimiento?

Mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos o máquinas en funcionamiento durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento.

2.2. Tipos de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo: es aquel que se aplica cuando se ha producido una avería en un equipo o maquinaria súbitamente y consiste en sustituir las partes dañadas para la pronta reparación del equipo.

Este mantenimiento no se puede descartar de una empresa dado que las máquinas pueden fallar en cualquier momento pero dando un buen mantenimiento se puede minimizar el uso del mantenimiento correctivo.

- Mantenimiento predictivo: este tipo de mantenimiento se basa en pronosticar la avería antes que esta suceda. Su principal función es adelantarse a que alguna pieza de la máquina falle y así cambiarla antes de que esto suceda y así prolongar la vida útil de la máquina.

Este tipo de mantenimiento utiliza parámetros de control para predecir las fallas: vibración, temperatura, ultrasonido y análisis de aceite.

- **Mantenimiento proactivo:** cuando la empresa se ha comprometido con la calidad y ha implementado el mantenimiento preventivo y predictivo, es necesario buscar una mayor productividad a un menor costo, para ello el mantenimiento proactivo selección aquellos lubricantes y procedimientos óptimos donde se logra incrementar la producción, disminuyendo los costos directos de energía y prolongando la vida útil de los equipos.

2.3. Del mantenimiento preventivo

2.3.1. Definición

Es el mantenimiento que se basa en actividades y acciones, periódicas, con el fin de prevenir fallas que puedan generar grandes problemas en el funcionamiento del equipo.

2.3.2. Función

Su función es prever las fallas manteniendo los equipos o máquinas productivas en completa operación a los niveles óptimos y necesarios. La característica principal de este mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y prevenir las fallas.

El mantenimiento preventivo constituye una acción o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

El área de actividad del mantenimiento preventivo es de vital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria de cualquier tamaño.

De un buen mantenimiento depende no solo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas sino que, además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como el hacer que los equipos alcancen y prolonguen su periodo de vida útil, sin excederse en lo presupuestado para el mantenimiento.

Este mantenimiento tiene 4 actividades básicas para lograr un resultado satisfactorio las cuales son:

- Inspecciones: es el primer paso para llevar a cabo la rutina de mantenimiento y sirve para ver el estado de la máquina mediante inspecciones rápidas y planificadas donde no es necesario desmontar algún componente.
- Revisiones: es más rigurosa y lleva más tiempo que la inspección ya que primero que nada si se procede a desmontar componentes como cojinetes, tornillos o ejes para su respectiva revisión, estas siempre son planificadas.
- Lubricación: esta es una parte importante del proceso dado que prolonga la vida de componentes importantes de la máquina, evitando fallas por medio del desgaste que provoca la fricción
- Limpieza: esta actividad facilita al encargado de las revisiones e inspecciones detectar cualquier falla en el equipo ya que visualmente

todo se encuentra libre de suciedad, también todo equipo o maquina es mucho más fácil de reparar si esta se encuentra limpio.

2.3.3. Ventajas

La buena implementación del mantenimiento preventivo genera las siguientes ventajas:

- Reducción importante del riesgo por fallas o averías.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento al ser aplicado en los equipos.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.

2.3.4. Desventajas

El mantenimiento preventivo también tiene sus desventajas como las siguientes:

- Si el manual del fabricante indica que se debe cambiar una pieza, aunque este en buen estado, se debe de hacer.
- Desgaste de piezas por el desarme constante.
- Se debe capacitar al personal nuevo para que sepa el procedimiento que indica el manual del fabricante.

2.4. Descripción de las partes principales que componen los buses diésel pertenecientes a la empresa

A continuación se desglosarán las partes principales de los buses para entender como su mantenimiento prolonga la vida útil y genera más seguridad en el uso de los buses.

2.4.1. Motor

El motor es una máquina que transforma la energía química presente en los combustibles en energía mecánica disponible en su eje de salida. El principio básico para transformar la energía se logra gracias al triángulo de fuego, se le conoce así a la relación de los componentes principales para lograr una combustión son: oxígeno, combustible y calor.

Con estos tres elementos combinados en la proporción adecuada se logra la combustión necesaria para que un motor comience a trabajar. Este proceso sucede dentro del mismo motor por lo cual se le conoce como motor de combustión interna.

El funcionamiento de un motor de combustión interna es el siguiente:

Como se mencionó anteriormente, al lograr hacer una combustión gracias al triángulo de fuego que se genera dentro de un cilindro cerrado, en el cual se encuentra otro elemento llamado pistón; al momento de la explosión esta hace incrementar la presión dentro del cilindro y genera el movimiento del pistón el cual está conectado a un cigüeñal por medio de una biela.

Los últimos elementos mencionados generan un movimiento cuando el pistón se mueve gracias a la combustión; este hace transmitir ese mismo movimiento gracias a la biela hacia el cigüeñal donde todo esto se convierte en movimiento rotativo; también, conocido como movimiento biela manivela. Toda esa energía se transfiere hacia los mecanismos de transmisión de potencia los cuales son caja de cambios, ejes y diferencial, hasta llegar a las ruedas y así poder hacer desplazar al vehículo, bus o camión.

Para este estudio realizado, el motor de combustión interna de interés funciona con diésel por la cantidad de fuerza que produce ya que los buses transportan una gran cantidad de pasajeros, carga sin mencionar el mismo peso del bus.

A continuación se explicará el funcionamiento de un motor de combustión interna diésel así como algunos componentes, ya mencionados anteriormente para la comprensión de los mismos.

- Motor diésel: es un motor térmico de combustión interna cuyo encendido se logra por la temperatura elevada producto de la compresión del aire en el interior del cilindro, a diferencia de un motor de un motor gasolina (ciclo Otto) el cual necesita de una fuente de calor externa.

Para comenzar el ciclo del motor diésel se debe saber que durante la carrera de compresión solo se comprime aire en el cilindro y el combustible se inyecta hacia el final de la carrera. De forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápido. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento

al cigüeñal al que hace girar transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

Las relaciones de compresión es el número que permite medir la proporción en volumen que se ha comprimido el aire dentro de la cámara de combustión de un cilindro. Es decir, el volumen máximo o total (volumen desplazado más el de la cámara de combustión) entre el volumen mínimo (volumen de la cámara de combustión). Para calcular su valor teórico se utiliza la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{\frac{\pi}{4} * d^2 * s + V_c}{V_c}$$

[Ec. 1]

Dónde

d= diámetro del cilindro

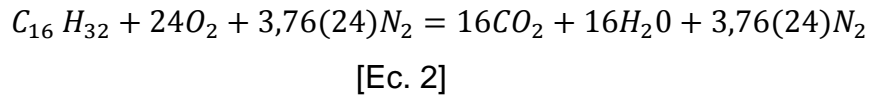
s= carrera del pistón

V_c= volumen de la cámara de combustión

RC= es la relación de compresión adimensional

Para los motores diésel la relación de compresión se mantiene entre los rangos de 16:1 a 22:1; también, se tiene la relación de aire/combustible (mezcla estequiométrica) la cual es la proporción de aire y combustible que debe haber para lograr la combustión. En los motores diésel es de 14.7:1, lo que quiere decir que necesita 14,7 partes de aire por una de diésel, esto proviene de la siguiente ecuación:

La ecuación de la combustión del diésel con el aire sería la siguiente:



Lo que al verlo en moles quedaría de la siguiente manera:

$$1 + 24 + 90,24 \rightarrow 16 + 16 + 90,24 \text{ en moles}$$

Y al aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{A}{F} = \frac{kg \text{ de aire}}{kg \text{ de combustible}} = \frac{24(32) + 90,24(28)}{16(12) + 32(1)} = 14,68$$

[Ec.3]

Lo que al explicar el resultado, para la combustión de una parte de diésel ($C_{16}H_{32}$) se necesita quemar 14,7 partes de aire ($24O_2 + 3,76(24)N_2$) lo que es la relación 14,7:1.

Entonces, cuando el aire es comprimido rápidamente hasta alcanzar estas presiones sufre un calentamiento súbito que alcanza temperaturas próximas a los 1 000 °F (537 °C). Esta temperatura es lo suficientemente elevada para que se encienda espontáneamente el combustible.

Los motores diésel utilizados en la actualidad necesitan de 4 carreras del pistón o dos vueltas del cigüeñal, para completar un ciclo completo de funcionamiento a esto se le denomina motor de cuatro tiempos.

Las cuatro carreras del pistón se denominan: admisión, compresión, expansión y escape; las válvulas de admisión y de escape abren y cierran en momentos exactos en relación con el pistón. El árbol de levas, impulsado desde el cigüeñal, abre y cierra las válvulas.

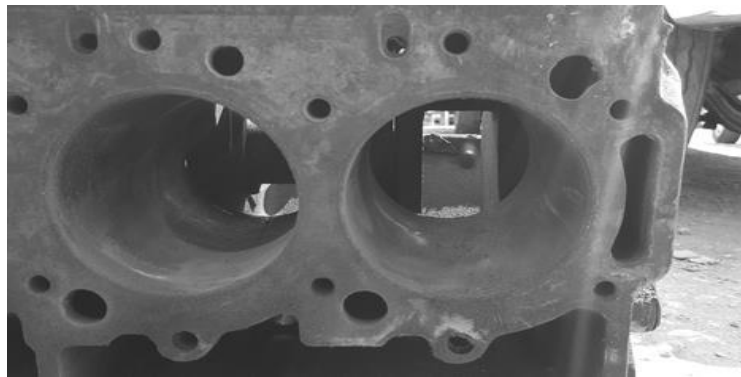
- Admisión: en esta fase el pistón está en su PMS y comienza a descender, entonces la válvula de admisión se abre para dejar circular el aire aspirado. La válvula de escape permanece cerrada llenando así todo el cilindro de aire.
- Compresión: cuando el pistón llega al PMI, la válvula de admisión se cierra, junto a la de escape que sigue cerrada también; el pistón comienza a ascender y empieza a comprimir el aire que está dentro del cilindro hasta casi llegar al PMS en ese momento el aire llega a tener temperaturas entre 700 °C y 900 °C.
- Expansión: cuando el pistón en su carrera de compresión termina su recorrido y llega al PMS, las válvulas permanecen cerradas y el inyector que se encuentra dentro la cámara de combustión inyecta el diésel atomizado, el combustible que se auto inflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro.

Una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujando la cabeza del pistón hace que sea lanzado hacia el PMI y se transmite un impulso de potencia al cigüeñal por medio de la biela. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo.

- Cuarto tiempo o escape: al momento de que el pistón llega al PMI se abre la válvula de escape y, comienza la carrera de escape, es decir, el pistón asciende y despeja el cilindro de los gases resultantes de la combustión en el tiempo anterior. Al llegar al PMS, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo.

El cilindro, como su nombre lo indica, es una superficie cilíndrica en cuyo interior se desliza el pistón el cual va dentro del bloque del motor, los motores pueden tener varios números de cilindros según para lo que sean diseñados. El ajuste entre el pistón y el cilindro no debe ser excesivo a fin de que el primero pueda deslizarse fácilmente arriba y abajo dentro del cilindro.

Figura 3. **Cilindro interno de un motor**



Fuente: elaboración propia.

El pistón, fabricado de aluminio, es un émbolo cilíndrico que sube y baja deslizándose por el interior de un cilindro del motor. En la parte superior del pistón existen unas ranuras en las cuales van colocados los segmentos o anillos. Cada uno tiene por lo general de 2 a 4 segmentos.

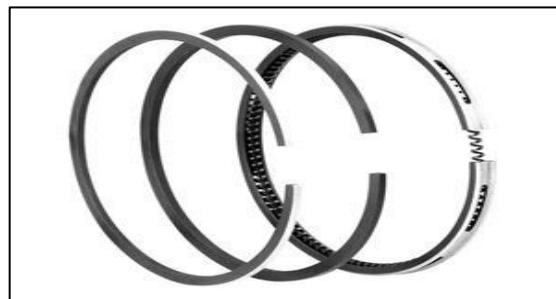
Figura 4. **Pistón**



Fuente: elaboración propia.

El segmento superior es el de compresión el cual se adosa fuertemente contra el cilindro proporcionando un cierre que evite al máximo las fugas de aire entre pistón y cilindro. El segmento inferior es el de engrase y está diseñado para limpiar las paredes del cilindro de aceite cuando el pistón realiza su carrera descendente.

Figura 5. **Segmento**



Fuente: *Anillos de motor*. https://www.google.com.gt/search?q=fotos+de+anillos+de+motor&rlz=1C1AVNG_enGT661GT661&espv=2&biw=1366&bih=662&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj6tmb8J_SAhVV72MKHX_fATkQ_AUIBigB#imgsrc=HX_52-GOSe1NxM.

Consulta: 11 de octubre de 015.

Cualquier otro segmento puede ser de compresión o de lubricación, dependiendo del diseño del fabricante. Llevan en su centro un bulón que sirve de unión entre el pistón y la biela.

Biela es la pieza que enlaza el pistón con el eje cigüeñal. Así pues, se trata de la pieza mediante la cual el pistón transmite la fuerza al cigüeñal en los tiempos motrices y la que después recibe la fuerza del cigüeñal para hacer subir y bajar el pistón en los tiempos no motrices.

Figura 6. **Biela**



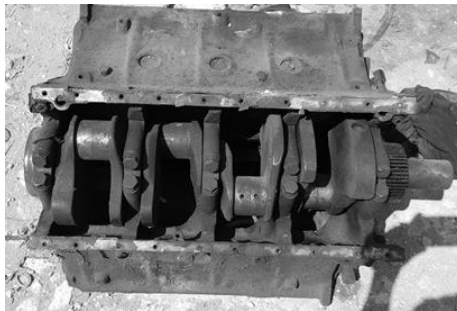
Fuente: elaboración propia.

La cámara de combustión es el espacio que queda en medio de la culata y la parte superior del pistón; en esta se encuentran las partes del triángulo de fuego para generar la explosión que hace descender el pistón para producir el trabajo.

El bloque del motor o block puede definirse como la pieza fija principal de alojamiento de todos los elementos de un motor, ya que es donde se mueven los pistones y bielas, en el interior de los cilindros, y donde se sujeta y gira el

cigüeñal. Todas las demás partes del motor se montan acá. Generalmente son de fundición de hierro o aluminio.

Figura 7. **Vista inferior de un block de motor con cigüeñal**



Fuente: elaboración propia.

El cigüeñal es el componente que ocupa la última parte en el sistema biela-manivela, siendo la pieza que definitivamente convierte el movimiento rectilíneo en circular. Está montado en el bloque en los cojinetes principales los cuales están lubricados. El cigüeñal se puede considerar como una serie de pequeñas manivelas, una por cada pistón.

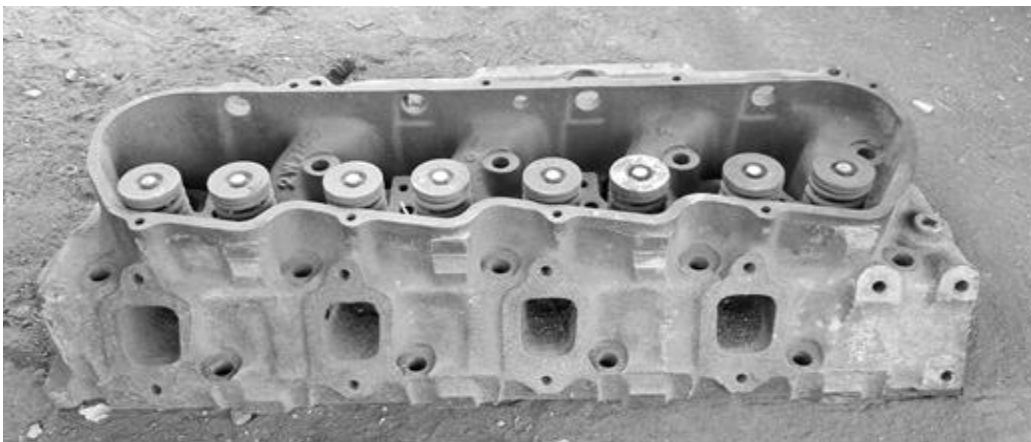
Figura 8. **Cigüeñal**



Fuente: elaboración propia.

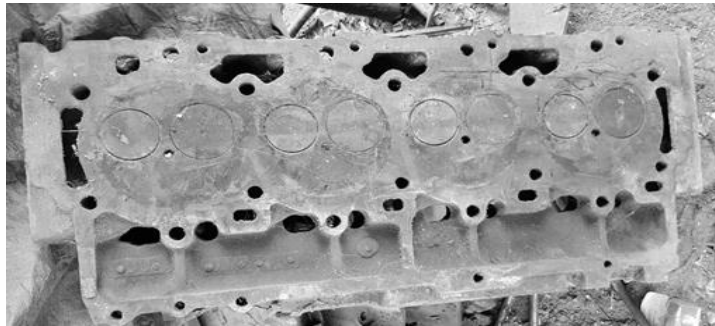
La culata es la pieza del motor que cierra el bloque de cilindros por la parte superior y forma la pared fija de la cámara de combustión. Pueden ser de fundición de hierro o aluminio. Sirve de soporte para otros elementos del motor: válvulas, balancines e inyectores. Lleva los orificios de los tornillos de apriete entre la culata y el bloque, además, de los de entrada de aire por las válvulas de admisión, salida de gases por las válvulas de escape, entrada de combustible por los inyectores, paso de varillas de empujadores del árbol de balancines, pasos de agua entre el bloque y la culata para refrigerar, etc. Entre la culata y el bloque del motor se monta una junta que queda prensada entre las dos a la que se llama habitualmente junta de culata.

Figura 9. **Vista superior de una culata de motor**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Vista inferior de una culata de motor**



Fuente: elaboración propia.

La principal ventaja de los motores diésel comparados con los motores a gasolina consiste en su menor consumo de combustible, el cual es, además, más barato; tanto así que en los últimos años el precio del diésel es mucho menor que el de la gasolina. Debido a esto la constante ganancia de mercado de los motores diésel en transporte pesado donde prácticamente ya no usan los motores gasolina en este ámbito de trabajo.

2.4.1.1. Motor Caterpillar 3208 turbo

El Caterpillar 3208 es un motor diésel de usos múltiples originalmente desarrollado en colaboración con Ford para utilizar en flotas urbanas tales como camiones de reparto, de basura, autobuses escolares y quitanieves. Después de que llegó a ser ampliamente adoptado en el campo, el 3208 se expandió en las aplicaciones marinas y se convirtió en el moto propulsor marino definitivo de embarcaciones de alta mar de hasta 13 toneladas (13 000 kg). También, es comúnmente usado para accionar equipos de construcción, pulverizadores agrícolas y generadores.

Es un motor de 8 cilindros en V compuesto por dos bloques con cuatro cilindros cada uno incluyendo un cigüeñal más corto y robusto lo que facilita el montaje en espacios reducidos donde se desea una gran potencia.

El motor diésel 3208 estándar produce 375 caballos de fuerza. Sin embargo, la línea modelo también incluye variantes de 210 y 435 caballos de fuerza. Ambas versiones con aspiración natural y modelos de turbocompresor postenfriado.

La capacidad del aceite de motor del Caterpillar 3208 es de 3,2 galones (12,11 l) para la versión de aspiración natural y de 4 galones (15,14 l) para el turbocompresor. La capacidad del sistema refrigerante para la aspiración natural y turbocompresor es de 12,5 galones (47,31 l) y de 14,8 (56,04 l) respectivamente.

Figura 11. **Motor Caterpillar 3208 Turbo sobre banco de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.2. Motor international DT 466

El DT466 es un motor diésel de uso pesado producido por International. El DT466 fue diseñado para usarse en camiones medianos y buses. Este motor ha sido producido por más de 35 años con más de un millón de unidades fabricadas.

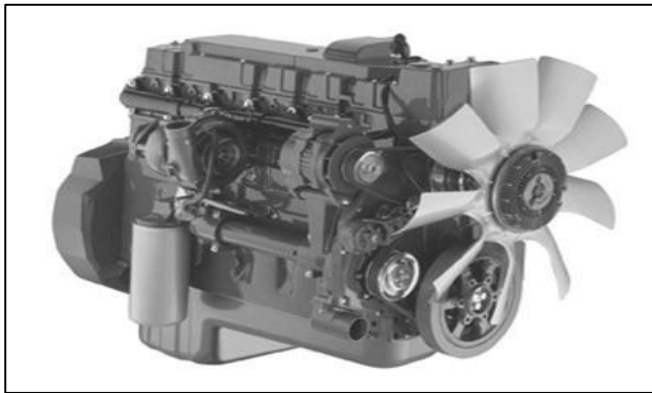
El DT466 es un motor de seis cilindros con 466 pulgadas públicas de desplazamiento. Los pistones tienen un diámetro y una carrera de 4,59 por 4,65 pulgadas (116,5 por 118,9 mm). Su relación de compresión es de 16,5 a 1. Su potencia máxima es de 260 caballos de fuerza a 1.900 rpm, mientras que su torsión máxima es de 800 pies por libra a 1,400 rpm. El motor usa inyección de combustible directa y un sistema de aspiración turbocargado con tecnología Wastegate, con un filtro de aire-aire enfriado internamente.

El motor tiene una longitud total de 45 pulgadas (112,5 cm), un ancho de 29 pulgadas (72,5 cm) y un alto de 41 pulgadas (102,5 cm). Su peso total en seco, sin fluidos o diésel, es de 1 424 libras (646 kg). El sistema de lubricación contiene 7,4 galones (28 l) de aceite y el sistema de enfriamiento utiliza 4 galones (12 l) de refrigerante.

International presume la tecnología Split-Shot dentro del DT466, asegurando que crea arranques rápidos, ralentí silenciosos y reduce las emisiones. La transmisión intuitiva de International hace que coincidan los puntos de cambios de velocidad con las curvas de potencia del motor para mejorar el desempeño y la confiabilidad, así como la eficiencia de combustible. La caja del cigüeñal está hecha de hierro forjado y completamente enfaldada, mientras que el cigüeñal está fabricado con acero y los contrapesos y muñones endurecidos por inducción. Los anillos de los pistones son cubiertos con plasma

y al estilo clave, mientras que los pistones de aluminio tienen la carrera acortada y el diámetro incrementado para aumentar la potencia. Los chorros de enfriamiento del pistón disminuyen el estrés en estas partes y en los anillos al reducir las altas temperaturas.

Figura 12. **Motor interational DT 466**



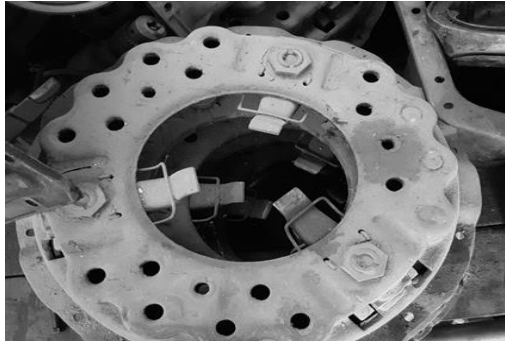
Fuente: *Fotos de motor Inter dt468rlz*. https://www.google.com.gt/search?q=fotos+de+motor+inter+dt466&rlz=1C1AVNG_enGT661GT661&espv=2&biw=1366&bih=662&source=lnms&tbn=sch&sa=X&ved=0ahUKEwjI7tnK8J_SAhXEwIQKHYNyD08Q_AUIBigB#imgrc=iMwf4HahKtLKM.

Consulta: 11 de octubre de 2015.

2.4.2. Caja de velocidades por sistema de clutch

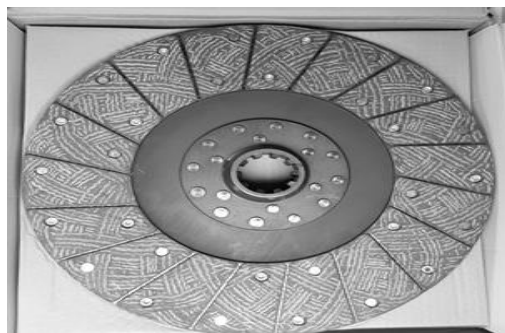
El clutch o embrague es un sistema de acoplamiento montado sobre el volante del motor que permite independizar, a voluntad del conductor, el giro del cigüeñal de la caja de cambios; esto se hace necesario cuando se va a arrancar el automóvil y cuando se va a cambiar de marcha. El embrague se acciona mediante un pedal situado en el piso del puesto del piloto.

Figura 13. **Clutch**



Fuente: elaboración propia.

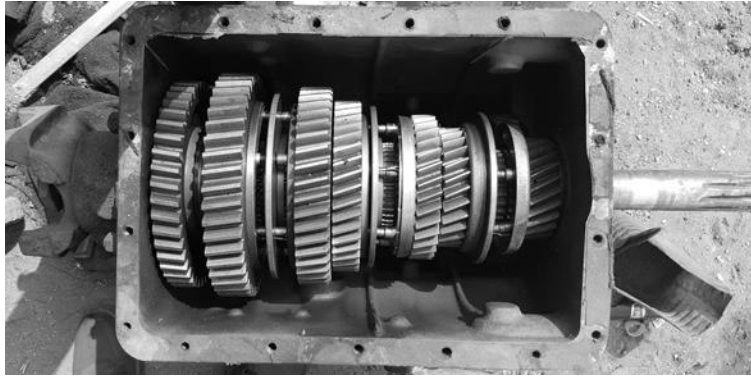
Figura 14. **Disco de clutch**



Fuente: elaboración propia.

La caja de velocidades está constituida por varias parejas de piñones que proporcionan distintas reducciones; el concepto de reducción se refiere a la disminución de la velocidad de giro y lleva consigo un aumento de par. La mayor reducción recibe el nombre de 1ra velocidad o 1ra marcha o simplemente 1ra, la siguiente 2da y así hasta la 5ta. Los buses están equipados con cajas de hasta 8 velocidades, más la marcha de retroceso.

Figura 15. **Vista superior de una caja de velocidades**



Fuente: elaboración propia.

Al tener la necesidad de colocar el embrague junto a la caja de velocidades es para poder engranar dos ruedas en movimiento sus velocidades de giro deben de estar igualados. Con la caja de cambios en punto muerto y el coche en marcha, la velocidad del eje intermediario depende de la del motor, mientras que la del secundario, que va unido a la transmisión, depende de la velocidad del vehículo.

Figura 16. **Caja de velocidades sobre chasis**



Fuente: elaboración propia.

Siempre que se desembraga, para que el motor no se acelere en vacío al liberarlo de la carga, se levanta el pie del acelerador, con lo que disminuyen los números de revoluciones del motor y del intermediario. Cuando se va a cambiar a una marcha más larga, después de desembragar, y mientras se saca la velocidad puesta, el número de revoluciones del motor baja hasta igualarse la velocidad del intermediario, con la del secundario, pudiéndose entonces introducir la nueva marcha.

2.4.3. Diferencial

El conjunto del diferencial cumple dos misiones independientes: la principal es la repartición del movimiento a las ruedas; la otra es proporcionar una reducción, que se complementa con las reducciones de la caja de cambios, para adaptar el número de revoluciones del motor a las ruedas.

Figura 17. **Diferencial desmontado**



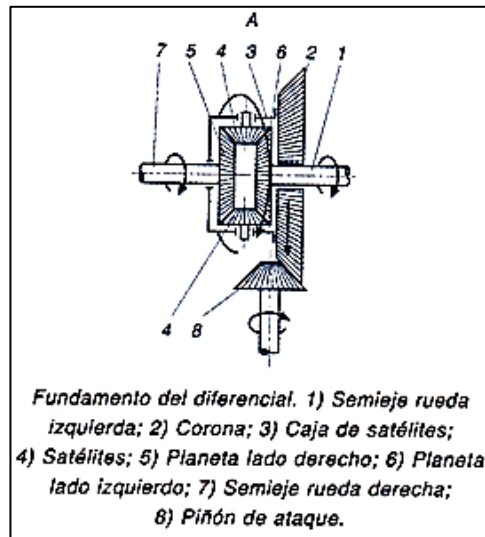
Fuente: elaboración propia.

El giro procedente del eje secundario del cambio entra en el diferencial (figura 18) por el eje del piñón de ataque 8 que engrana con la corona 2, ambos forman el conjunto reductor. Si el motor está montado longitudinalmente, en el vehículo, como el movimiento se transmite entre ejes perpendiculares este engranaje es cónico; y el motor está colocado transversalmente, al ser el eje de la caja de cambios y el eje de las ruedas motrices paralelos, el engranaje es de piñones cilíndricos con dientes helicoidales.

Solidaria con la corona esta la caja de satélites 3 en la que giran locos los satélites 4 (los satélites pueden ser dos o cuatro). También, en el interior de la caja van los dos planetas 5 y 6 que engranan con los satélites, tanto los satélites como los planetas son piñones cónicos con dientes rectos; a los planetas van unidos los semiejes 1 y 7 de las ruedas traseras.

La caja de satélites acompaña siempre a la corona en su giro y arrastra a los satélites. Cuando el vehículo marcha en línea recta (detalle A) los satélites se acúan en los planetas y los hacen girar en bloque con la caja y la corona, y con ellos a los semiejes.

Figura 18. **Descripción de piezas del diferencial**



Fuente: CEAC, S. A. *Manual CEAC del automóvil*. p. 606.

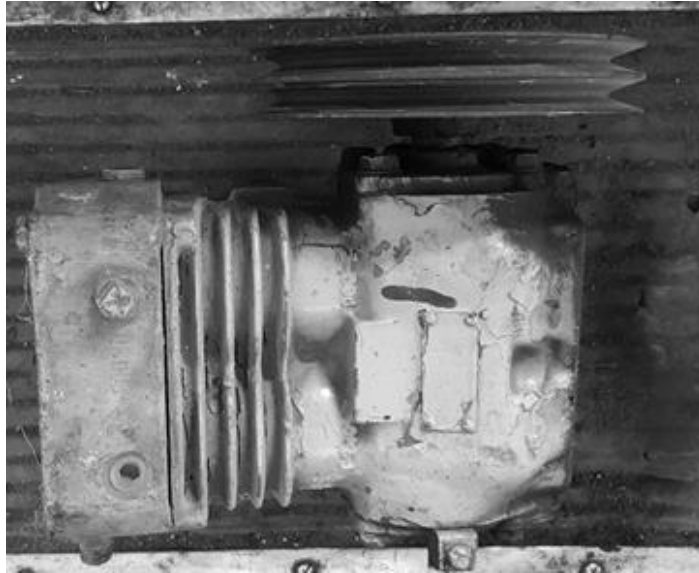
2.4.4. Sistema de frenos de aire

El sistema de frenos de aire o neumático es un sistema seguro para vehículos de gran capacidad. Su funcionamiento se basa en la energía potencial del aire comprimido y en los elementos que componen el sistema, que multiplican las fuerzas para un frenado potente.

Este sistema es utilizado, por lo general, en vehículos pesados, como camiones y buses.

Las partes principales de este sistema son las siguientes: compresor, gobernador, tanques, válvulas, actuadores, tensores de ajuste.

Figura 19. **Compresor**



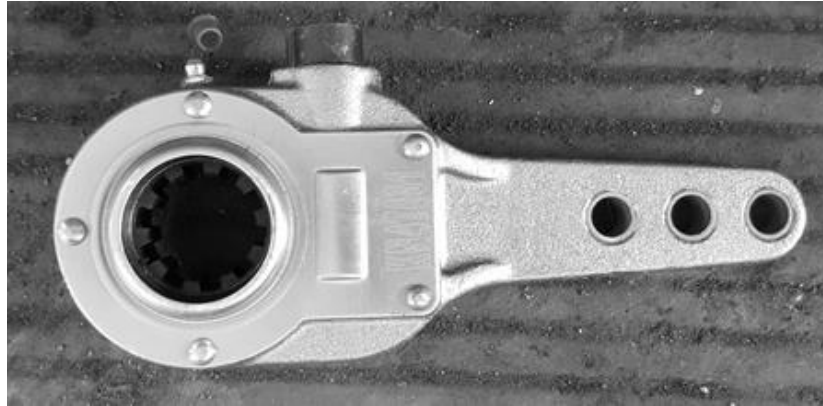
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Actuador**



Fuente: elaboración propia.

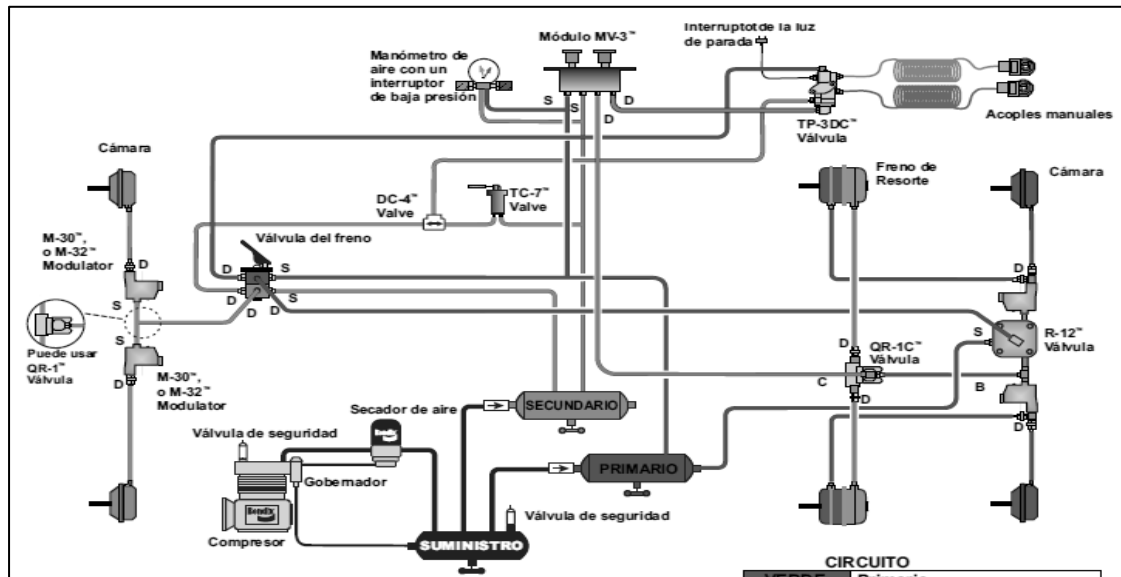
Figura 21. **Tensor de ajuste**



Fuente: elaboración propia.

El principio básico de funcionamiento da inicio cuando el piloto presiona el pedal de freno el cual aplica determinada presión en relación directa con la fuerza con la que el pedal sea presionado; cuanto más fuerte, más presión de aire será aplicada; mientras que al dejar de aplicar presión sobre el pedal mismo, el sistema permitirá la salida de aire reduciéndose la presión de este en los tanques, dejando de actuar los frenos cuando la presión se reduce totalmente.

Esquema de circuito de aire



Fuente: BENDIX. *Manual de frenos de aire*. p. 105.

El tipo de frenos utilizados dentro de la empresa es el de tambor y zapata, con excéntrica o leva en S. Este sistema consta de varios elementos: los tambores, que se encuentran colocados en los extremos de cada eje, dentro de ellos se encuentran las zapatas, resortes, rodillos y la leva en S.

Al ser accionado el pedal de freno, las zapatas son empujadas al borde interno del tambor gracias a la leva en S, en ese instante las dos superficies entran en contacto y producen el frenado, gracias a la fricción que genera el material que recubre la zapata, pero también se genera calor el cual si es demasiado excesivo el freno puede dejar de funcionar.

2.4.5. Sistema de dirección

La dirección es el conjunto de elementos cuya misión es la de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el piloto.

Los buses de la empresa utilizan el sistema de dirección hidráulica asistida la cual proporciona mayor suavidad, comodidad, estabilidad y seguridad al piloto al momento de maniobrar el volante ya que proporciona una fuerza adicional a la que el mismo piloto está ejerciendo.

El sistema de dirección funciona gracias a una bomba de alta presión de aceite, la cual es accionada por una polea que va conectada al motor por una faja; el sistema solo funciona con la presión del aceite hidráulico por esa razón solo está activa si el motor se encuentra en funcionamiento; luego de presurizar el aceite este es enviado hacia la caja de dirección por medio de las mangueras o tubos que los conectan.

Figura 23. Conjunto de dirección



Fuente: elaboración propia.

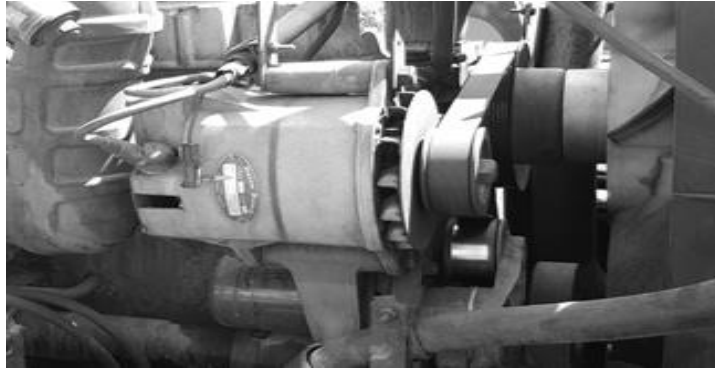
2.4.6. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de un bus es básico, los componentes principales son: la batería, el alternador, el motor de arranque y el circuito de alumbrado cumplen una función específica para el buen funcionamiento del bus.

La batería o acumulador es un elemento capaz de almacenar energía para su posterior utilización, sus funciones son: suministrar la corriente necesaria para el motor de arranque y el encendido cuando se pone en marcha el motor del bus, alimentar los accesorios eléctricos del bus con el motor parado, suministrar corriente cuando las necesidades del equipo eléctrico exceden del rendimiento del alternador.

El alternador o generador en el bus tiene la misión de abastecer de energía eléctrica durante el funcionamiento del motor a todos los consumidores eléctricos: el encendido, alumbrado, señales ópticas y acústicas y al mismo tiempo cargar la batería. Es accionado desde el cigüeñal por medio de una faja y las poleas correspondientes. Esta faja, la mayoría de veces, mueve al mismo tiempo la bomba de agua y en algunos casos la bomba para la dirección asistida.

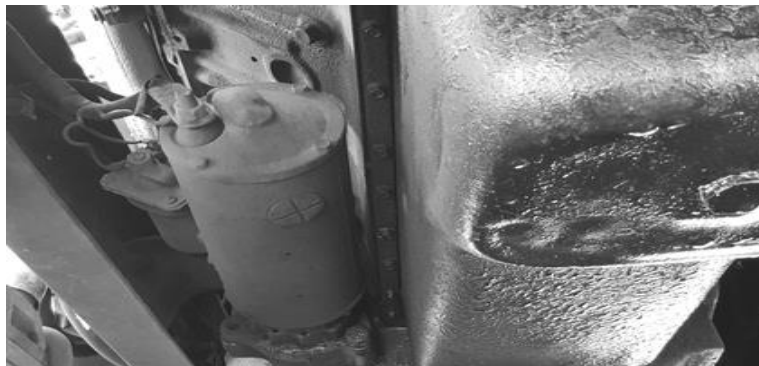
Figura 24. **Alternador en motor International DT 466**



Fuente: elaboración propia.

El motor de arranque, o *starter* como también se le conoce, tiene la siguiente función: los motores de combustión interna no pueden ponerse en marcha por sí solos, para iniciar su funcionamiento necesitan de un medio auxiliar que los haga girar hasta que se produzcan las primeras explosiones. El medio empleado en los autos o buses es un pequeño motor eléctrico de corriente continua alimentado por la batería.

Figura 25. **Motor de arranque atornillado a motor**



Fuente: elaboración propia.

Este motor debe vencer las resistencias que oponen las compresiones, los rozamientos internos y las cargas adicionales arrastradas: el alternador, la bomba de agua, la bomba de inyección, la bomba de dirección, etc., cuyo valor depende, principalmente, del tipo de motor, el número de cilindros, las cualidades de los lubricantes empleados y la temperatura. Las resistencias de rozamiento son mayores cuando el motor está frío.

Por último, el circuito de alumbrado el cual debe estar siempre funcionando en su totalidad ya que ayuda a la visibilidad del piloto como a los autos que rodean el bus.

Sus principales funciones son: proporcionar la visibilidad necesaria para circular de noche, señalar con exactitud el propio vehículo para posicionarlo durante la noche e indicar los cambios de dirección, sentido, frenado o estar parado en carretera.

2.4.7. Carrocería

La función de la carrocería es la de albergar la carga y a los ocupantes del bus así como transportarlos. En cuestión de seguridad, es la encargada de proteger a los ocupantes del vehículo, es decir, evitar que ningún cuerpo extraño se introduzca dentro del habitáculo y la de asegurar un espacio mínimo de seguridad que permita la movilidad de los ocupantes en caso de accidente.

El tipo de carrocería de un bus es la del tipo, carrocería y chasis separados; es el sistema más antiguo utilizado en los automóviles e igual el más sencillo conceptualmente.

Consiste fundamentalmente en disponer de dos vigas de acero llamadas largueros a todo lo largo del bus. Estos largueros se aseguran entre sí por medio de unos travesaños soldados en diferentes puntos de la longitud del larguero, de modo que el conjunto así logrado adquiere gran rigidez al cual se le conoce como bastidor.

Figura 26. **Carrocería**



Fuente: elaboración propia.

En este conjunto se montarán por debajo los órganos de suspensión y las ruedas y se sujetarán, también, el motor y todos los órganos mecánicos. Es estas condiciones, cuando el bastidor ha recibido todos estos órganos mecánicos mencionados, se ha formado lo que se llama chasis.

Una de las ventajas del sistema de chasis y carrocería separada en los buses es su modificación, ya que los largueros del bastidor se pueden acortar o alargar según sea la disposición de pasajeros que quiera transportar el bus; también, el movimiento de los travesaños en el bastidor hace más fácil colocar

diferente tipos de cajas y motores e incluso el acoplamiento de un tren de dos ejes en las ruedas traseras.

Figura 27. Vista de eje trasero y carrocería



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1. Plan de mantenimiento preventivo optimizado

Conociendo los procedimientos de la empresa, se presentarán las nuevas acciones que ayudarán a tener un mayor control de los trabajos realizados dentro de la empresa, así como también la creación de nuevos pasos para mejorar la calidad de los mantenimientos.

Se tendrá en cuenta que la vida útil de un bus en condiciones ideales según el fabricante es de 10 años o 240,000 kilómetros.

Al principio de este trabajo se mencionó la utilización del análisis FODA, para saber el estado de la empresa; el intermediario en ese análisis fue el autor de este informe, se clasificaron las debilidades para tener una base sobre la cual crear un estudio, el cual ayudará a la empresa a trabajar de una forma más ordenada y eficiente para poder darle así solución a las debilidades planteadas.

La optimización del método de trabajo comenzará, como la base de todo mantenimiento preventivo, con el uso del manual del fabricante, esto es vital ya que el fabricante ayuda a tener un fundamento para realizar un trabajo y no realizarlo con un criterio basado en experiencia o cálculos sin fundamentos.

Según el manual del fabricante, normalmente, los servicios se realizan con base en horas de trabajo; pero en este caso ya que el motor no es estacionario, sino que está sujeto a varios factores, por ejemplo, temperatura, cambio de revoluciones, contaminación, kilómetros recorridos, horas de uso, entre otros.

El manual de mantenimiento del motor Caterpillar brinda una tabla para poder convertir los kilómetros recorridos en horas para calcular los intervalos de servicios.

Tabla VI. **Conversión de horas de trabajo a kilómetros promedio**

MILEAGE – APPROXIMATE (Oil and Filter Change Interval)			
Average MPH (km/h)	Oil Change Interval in Hours*		
	150 hr.	200 hr.	300 hr.
10 (16)	1,500 mi 2,400 km	2,000 mi 3,200 km	3,000 mi 4,800 km
15 (24)	2,250 mi 3,600 km	3,000 mi 4,800 km	4,500 mi 7,250 km
20 (32)	3,000 mi 4,800 km	4,000 mi 6,500 km	6,000 mi 9,600 km
25 (40)	3,750 mi 6,000 km	5,000 mi 8,000 km	7,500 mi 12,000 km
30 (48)	4,500 mi 7,250 km	6,000 mi 9,600 km	9,000 mi 14,500 km
35 (56)	5,250 mi 8,500 km	7,000 mi 11,000 km	10,500 mi 17,000 km
40 (64)	6,000 mi 9,600 km	8,000 mi 13,000 km	12,000 mi 19,000 km

*The proper change interval in hours is determined by the oil "Refill Capacity" and the API classification of the oil being used.

Fuente: CATERPILLAR. *Operation & maintenance 3208 truck engine*. [en línea].

[https://www.amazon.com/Caterpillar-Operation-Maintenance-40 S1-UP-99R1-UP/dp/B004HUE456](https://www.amazon.com/Caterpillar-Operation-Maintenance-40-S1-UP-99R1-UP/dp/B004HUE456). Consulta: 11 de octubre de 2015.

Esta tabla funciona de la siguiente manera: el total de kilómetros recorrido en el mes dividido por el número de horas de uso en el mes, el cual dará el promedio de kilometro por hora que el bus ha operado.

Para este caso, el bus recorre 250 kilómetros diarios, en 31 días de uso al mes se tendrá 7 750 kilómetros recorridos, el uso en horas diario del bus es de 6 horas, por lo cual al mes se tendrán 186 horas de uso.

$$\frac{KILÓMETROS \text{ AL MES}}{HORAS \text{ AL MES}} = \frac{7\,750}{186} = 41,6 \text{ kmh}$$

[Ec. 4]

Con este valor se busca en la tabla V en que rango está el resultado de la ecuación, para seleccionar a que cantidad de kilómetros o millas se debe cambiar el aceite del motor.

La siguiente tabla que detalla el manual es la que brinda que tipo de aceite se debe utilizar respecto a las temperaturas de trabajo.

Tabla VII. **Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de motor**

For Temperature Ranges °F and °C*					
Compartment or System	Oil Viscosities	Degrees F		Degrees C	
		Minimum**	Maximum***	Minimum**	Maximum***
CD/SE or CD/SF	SAE 5W-20 (SPC)	-22	+50	-30	+10
	SAE 5W-20	-13	+50	-25	+10
	SAE 10W	-4	+50	-20	+10
	SAE 10W-30	-4	+104	-20	+40
	SAE 15W-40	+5	+122	-15	+50
	SAE 30	+32	+104	0	+40
	SAE 40	+41	+122	+5	+50
*When operating below -30°C (-22°F) refer to the Cold Weather Recommendation Operation and Maintenance Guide, Form SEBU5898, available from your Caterpillar dealer.					
**Ambient starting temperature.					
***Ambient operating temperature.					

Fuente: CATERPILLAR. *Operation & maintenance 3208 truck engine*. [en línea].

[https://www.amazon.com/Caterpillar-Operation-Maintenance-40 S1-UP-99R1-](https://www.amazon.com/Caterpillar-Operation-Maintenance-40-S1-UP-99R1-UP/dp/B004HUE456)

UP/dp/B004HUE456. Consulta: 11 de octubre de 2015.

En un país cálido el rango de trabajo de -15°C y 50°C es un estado óptimo para guiarse con el manual del fabricante y seleccionar la utilización de un aceite SAE 15W-40 tanto para los motores de aspiración natural y los que cuentan con turbo.

Tabla VIII. **Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de caja de velocidades Eaton**

Lubricante recomendado		
Tipo	Grado (SAE)	Temperatura Ambiente Fahrenheit
Aceite sintético de transmisión aprobado por Eaton**	50	Todos
Aceite de motor de servicio pesado MIL-L-2104B, C o D o API-SF o API-CD (Designaciones API previas son aceptables)	50 40 30	Superior a 10°F Superior a 10°F Inferior a 10°F
Aceite mineral de engranajes con inhibidor de herrumbre y oxidación API-GL-1	90 80W	Superior a 10°F Inferior a 10°F

Fuente: Instrucciones para el conductor. *Eaton Fuller Transmisiones de servicio pesado TRDR0515S*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/TABLA%20VIII%20X.pdf. Consulta: 11 de octubre de 2015.

Tabla IX. **Temperaturas óptimas para seleccionar el aceite de diferencial Eaton**

Grado SAE	Rango de Temperaturas Ambiente
75W	–40°F a –15°F (–40°C a –26°C)
75W-80	–40° F a 80°F (–40°C a 21°C)
75W-90*	–40°F a 100°F (–40°C a 38°C)
75W-140	–40° F y superiores (–40°C y superiores)
80W-90	–15°F a 100°F (–26°C to 38°C)
80W-140*	–15°F y superiores (–26°C ay superiores)
85W-140	10° F y superiores (–12°C y superiores)

Fuente: Manual de servicio, DANA. *Eaton Fuller Ejes de mando en Tándem, reducción sencilla e inmovilizador de diferencial en reducción sencilla*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/TABLA%20IX%20XI%20(1).pdf. Consulta: 11 de octubre de 2015.

Tabla X. **Mantenimiento periódico para aceite de caja de velocidades Eaton**

Aceite sintético de transmisión aprobado por Eaton® *	
USO EN CARRETERA-Servicio pesado y mediano	
Llenado inicial con aceite sintético de transmisión aprobado Eaton®*	
Cada 10,000 millas (16090 Km)	Inspeccionar el nivel de líquido. Inspeccionar por pérdidas.
Cada 250,000 millas (402336 Km)	Cambiar el líquido de transmisión.
USO DE FUERA DE CARRETERA	
Cada 40 horas	Inspeccionar el nivel de lubricante. Inspeccionar por pérdidas.
Cada 500 horas	Cambiar el líquido de la transmisión donde existen condiciones polvorrientas extremas.
Cada 1,000 horas	Cambiar el líquido de transmisión (Uso normal fuera de carretera.)
USO EN CARRETERA-Servicio pesado y mediano	
Llenado inicial con otro aceite recomendado	
Primeras 3,000 a 5,000 millas (4827 to 8045 Km)	Drenar el llenado inicial de fábrica. Llenar con el líquido de transmisión Eaton Roadranger CD50; a continuación seguir los intervalos de mantenimiento de arriba.
Lubricante de motor de servicio pesado o lubricante mineral de engranajes	
USO EN CARRETERA	
Primeras 3,000 a 5,000 millas (4827 to 8045 Km)	Drenaje inicial del llenado de fábrica
Cada 10,000 millas (16090 Km)	Inspeccionar el nivel de lubricante. Inspeccionar por pérdidas.
Cada 50,000 millas (80450)	Cambiar el lubricante de la transmisión.
USO DE FUERA DE CARRETERA	
Primeras 30 horas	Cambiar el lubricante de la transmisión en las nuevas unidades
Cada 40 horas	Inspeccionar el nivel del lubricante. Inspeccionar por pérdidas
Cada 500 horas	Cambiar el líquido de la transmisión donde existen condiciones polvorrientas extremas.
Cada 1,000 horas	Cambiar el lubricante de la transmisión (Uso normal de fuera de carretera.)

Fuente: Manual de servicio, DANA. *Eaton Fuller Ejes de mando en Tándem, reducción sencilla e inmovilizador de diferencial en reducción sencilla.* file:///C:/Users/Asus/Downloads/TABLA%20IX%20XI%20(1).pdf. Consulta: 11 de octubre de 2015.

Tabla XI. **Mantenimiento periódico para aceite diferencial Eaton**

Lineamientos - Intervalos de Cambio de Lubricante para Ejes de Mando				
Tipo de Lubricante	Millas en Carretera	Intervalo Máximo de Cambio	Servicio Pesado Dentro y Fuera de Carretera	Intervalo Máximo de Cambio
Con base de mineral de petróleo	100,000	Anual	40,000	Anual
Sintético Autorizado por Eaton	250,000	3 años	100,000	Anual

Fuente: Manual de Servicio, DANA. *Eaton Fuller Ejes de mando en Tándem, reducción sencilla e inmovilizador de diferencial en reducción sencilla*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/TABLA%20IX%20XI%20(1).pdf. Consulta: 11 de octubre de 2015.

Según esta información y lo que detalle el manual del fabricante, se elaboraron los nuevos procedimientos para realizar los trabajos dentro de la empresa que se detallarán a continuación.

3.1.1. Inspección diaria para la localización de fallas

En esta etapa se desea tener un mayor control de todas las unidades, como se le conocerá a los buses, las cuales estarán nombradas por su número de placa, dado que se cuenta con un número reducido de unidades se usa este sistema.

Se elaborará una orden de trabajo para controlar los aspectos básicos que se revisarán diariamente en la unidad, la cual al estar en el rango aceptable y al

no presentar una avería se dará el visto bueno para que la unidad pueda cumplir su recorrido diario satisfactoriamente.

Para la inspección diaria que recomienda el manual se deben revisar los siguientes aspectos:

- En uso revisar que la temperatura del motor esté entre 71 °C y 93 °C.
- En uso revisar que la presión de aceite esté entre 240kPa y 480kPa (35 y 70 psi).
- Nivel de aceite del motor.
- Nivel de mezcla de agua y refrigerante en el radiador.
- Revisar separador de agua/combustible.
- Fugas de aceite en el motor, caja de velocidades y diferencial.
- Fugas de aire en las mangueras de los frenos.
- Estado y tensión de las fajas.
- Ruidos fuera de lo común.
- Estado de las fricciones al momento de graduar los frenos.
- Presión de los neumáticos en funcionamiento y el neumático de repuesto.

Figura 28. **Varilla de nivel de aceite**



Fuente: elaboración propia.

El piloto de la unidad debe revisar estos aspectos y reportar alguna anomalía al mecánico para su acción correctiva; al ser todo satisfactorio se llenará la orden con los aspectos funcionando correctamente.

Al momento de encontrar alguna falla se programará su reparación correctiva o se calendarizará su cambio para el momento de su servicio menor o antes según lo evalúe el técnico o según la gravedad de la falla la cual estará detallada en una tabla que ayudará saber la gravedad de cada tipo de falla; esta tabla se detallará más adelante.

3.1.2. Servicio menor

El mantenimiento preventivo que necesita un bus cada 6 000 kilómetros o cada 3 meses según lo que ocurra primero, indica el fabricante, es el siguiente:

- Compartimiento motor
 - Cambio de aceite
 - Cambio de filtros de aceite
 - Cambio de filtro de diésel
 - Limpieza o cambio del filtro de aire
 - Revisión de nivel de aceite hidráulico
 - Revisar nivel de refrigerante
 - Revisar tensión de fajas
 - Revisar fugas de aceite y líquidos
 - Revisar nivel del electrolito de las baterías
 - Revisión y ajuste de las fajas
 - Realizar un análisis de aceite del motor

- Transmisión, caja de velocidades, diferencial
 - Revisar el nivel de aceite de caja de velocidades
 - Revisar el nivel de aceite de diferencial
 - Revisar la limpieza y ajuste de fricciones de freno
 - Purgar depósitos de aire
 - Revisar la profundidad y presión de los neumáticos

- Cabina
 - Revisar altura del pedal de embrague
 - Revisar indicadores del tablero
 - Revisar funcionamiento de plumillas
 - Verificar el estado de los cojines y respaldos
 - Verificar estado del piso interior del bus
 - Verificar estado de paqueteras

- General
 - Revisar la profundidad y presión de los neumáticos

- Sistema de frenos
 - Revisar las mangueras de sistema de frenos.
 - Revisar la limpieza y ajuste de fricciones de freno.
 - Purgar depósitos de aire.
 - Cambio de fricciones (si su espesor es menor de 0,25mm)
 - Revisión de reten interior y exterior de bufa (cambio si es necesario).

3.1.3. Servicio mayor

Este servicio, según el manual del fabricante, es cada 1 200 horas, cada año o cada cierta cantidad de kilómetros, según lo que ocurra primero; pero en este caso se tendrá que calcular la cantidad de kilómetros ya que se tiene, para esto el manual explica que para saber ese intervalo se debe multiplicar el promedio obtenido en la ecuación 2 y multiplicarlo por el número de horas:

$$41.6 \frac{km}{h} * 1200h = 49,920 \text{ kilometros}$$

[Ec. 5]

Los trabajos a realizar en este mantenimiento incluirán los del servicio menor o de 6 000 kilómetros y sumará nuevas actividades:

- Compartimiento motor
 - Revisar fugas de aceite y líquidos
 - Revisión y ajuste de las válvulas de motor
 - Revisión del termostato (cambio si es necesario)
 - Revisión del turbocompresor (reparación o cambio si es necesario)
 - Revisión de la polea del eje cigüeñal (cambio si es necesario)
 - Revisar funcionamiento de motor de arranque
 - Revisar funcionamiento del alternador
- Transmisión, caja de velocidades, diferencial
 - Engrase de crucetas de transmisión
 - Revisar el nivel de aceite de caja de velocidades

- Cambiar el aceite de diferencial (cada 40 000 km, según manual Eaton)
- Realizar un análisis de aceite del diferencial
- Cabina
 - Revisar altura del pedal de embrague
 - Revisar indicadores del tablero
 - Revisar luces del tablero e interiores
 - Revisar funcionamiento de plumillas
 - Verificar el estado de los cojines y respaldos
 - Verificar estado del piso interior del bus
 - Verificar estado de paqueteras
- Exterior del bus
 - Revisar luces bajas, medias y altas
 - Revisar luces de freno
 - Revisar luces intermitentes y de retroceso
 - Revisar luces extras si las hay
 - Revisar estado de parrilla y escaleras
 - Revisar funcionamiento de la bocina de aire
 - Revisar estado de los retrovisores

3.1.4. Servicio mayor completo

Este tipo de mantenimiento es cada 2 400 horas, cada dos años o cada 99 840 kilómetros, según lo que ocurra primero; el dato de los kilómetros lo se ha calculado con la ecuación 2. Este mantenimiento incluye los dos anteriores.

- Compartimiento motor
 - Cambio de mangueras del sistema refrigerante.
 - Prueba de inyectores (cambio si es necesario).
 - Revisión de bomba de inyección (reparación si es necesario).
 - Cambio del líquido refrigerante.
 - Realizar un análisis de vibraciones para saber si algún elemento ya tenga tendencia a fallar.

- Transmisión, caja de velocidades, diferencial
 - Revisar las mangueras de sistema de frenos.
 - Purgar depósitos de aire.
 - Cambiar el aceite de caja de velocidades (cada 80 000 km según manual Eaton).
 - Realizar un análisis de aceite de la caja de velocidades.

- Cabina
 - Revisar altura del pedal de embrague
 - Revisar indicadores del tablero
 - Revisar luces del tablero e interiores
 - Revisar funcionamiento de plumillas
 - Verificar el estado de los cojines y respaldos
 - Verificar estado del piso interior del bus
 - Verificar estado de paqueteras
 - Lubricación de bisagras de puertas

- General
 - Torquear suspensión delantera.
 - Torquear suspensión trasera.
 - Revisar o cambiar retenedores de bufa.
 - Revisar estado de amortiguadores.
 - Revisar tornillos de carrocería.
 - Realizar un análisis con tintas penetrantes en diferentes en puntos específicos del chasis para ver si no se tiene grietas significativas.

- Exterior del bus
 - Revisar luces bajas, medias y altas (cambiar si es necesario).
 - Revisar luces de freno (cambiar si es necesario).
 - Revisar luces intermitentes y de retroceso (cambiar si es necesario).
 - Revisar luces extras si las hay (cambiar si es necesario).
 - Revisar estado de parrilla y escaleras.
 - Revisar funcionamiento de la bocina de aire.
 - Revisar estado de los retrovisores.

3.1.5. Cambio programado respecto al tiempo

Con la variación del uso en kilómetros que algunos fabricantes dan de vida a sus productos, con el tiempo también de uso que se les da respecto al que lo trabaja y con la experiencia adquirida durante los años de trabajo, hay ciertos elementos que sufren más que otros y también todo lo contrario.

Teniendo en cuenta que la vida útil de un bus está comprendida de 10 años o 240 000 kilómetros, lo que suceda primero.

Por ejemplo, el sistema de embrague sufre un gran desgaste cuando los buses inician su recorrido en la madrugada del día hacia el Centra Sur ya que los factores de tráfico en el ingreso a la ciudad capital son exageradamente grandes; el piloto debe usar el embrague por un tiempo aproximado de una hora y media en condiciones extremas lo cual reduce su tiempo de vida según lo que podría dictar un manual.

Otro elemento que se puede considerar al cambiarlo o repáralo respecto al tiempo es la bomba de inyección la cual con el tiempo de uso va juntando corrosión interna; dado que el combustible diésel contiene partículas de agua que a la larga puede afectar el funcionamiento de la bomba.

Por eso con el recorrido en kilómetros que hace un bus, aproximándolo a meses, se elaboró un cuadro con elementos que pueden variar su tiempo de vida y que al momento de hacer el mantenimiento preventivo se puede llegar a reemplazar pero aun cuentan con más tiempo de vida.

3.2. Uso del mantenimiento correctivo

Dentro del plan de mantenimiento de una empresa se sabe que siempre se va a utilizar el mantenimiento correctivo el cual ayuda a reparar las fallas que se generan inesperadamente.

El uso de este mantenimiento ayuda como factor de medida, para saber que tan bien se está adaptando el estudio al plan de mantenimiento, dado que al tener un control de órdenes de trabajo se puede verificar y registrar el tiempo

que se tarda en realizar las reparaciones; este dato se puede utilizar con indicadores de mantenimiento, los cuales se explicarán más adelante.

3.3. Acciones correctivas

En la inspección de fallas se mencionó que al momento cuando un bus presente una avería la debía presentar con el técnico o con el encargado para poderla reparar; pero al momento en que dos o más buses presenten averías distintas como se sabrá a cuál darle prioridad.

Para esto se implementó el uso del coeficiente ICGM (índice de clasificación para los gastos de mantenimiento) que es una herramienta que ayuda a clasificar los gastos de conservación interrelacionando los recursos sujetos a trabajos de conservación, con la clase o tipo de trabajo por desarrollar.

El factor ICGM está compuesto por dos códigos:

- Código máquina: identifica los recursos por reparar (equipos, instalaciones).
- Código trabajo: es el que clasifica cada tipo de trabajo que se realizará sobre los recursos.

Donde el factor del índice se obtiene de:

$$ICGM = \text{Código máquina} * \text{Código trabajo}$$

[Ec. 6]

La idea de utilizar el índice ICGM es para clasificar por orden de importancia los trabajos a realizar en los recursos mencionados; con esto se logrará tomar las decisiones de que reparación tendrá la importancia para realizarla de primero.

La categoría para el orden de jerarquía de los recursos se brinda de la siguiente manera:

Tabla XII. **Descripción de código máquina**

Código máquina	Concepto
10	Recursos vitales: aquellos que influyen en más de un proceso, o cuya falla hace que se detenga la producción (calderas, líneas de vapor, subestación eléctrica, entre otros).
9	Recursos importantes: aquellos que, aunque están en la línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede funcionar adecuadamente el equipo vital; y, además, no existen máquinas de reserva (montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción.)
8	Recursos duplicados situados en la línea de producción: similares a los anteriores, pero de los cuales existe reserva
7	Recursos que intervienen de forma directa en la línea de producción: por ejemplo: dispositivos de medición para el control de calidad, equipos de prueba, equipos para el manejo de materiales, máquinas de inspección, etc...
6	Recursos auxiliares de producción sin reemplazo: tales como: equipos de aire acondicionado para el área de pruebas, equipo para surtir materiales en almacén, entre otros.
5	Recursos auxiliares de producción con reemplazo: similares al anterior, pero que tienen reemplazo.
4	Recursos de pintura y embalaje: tales como: compresores, inyectoros de aire, máquinas de pintura de acabado final y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que, además, se tenga reemplazo.
3	Equipos generales: unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etc.
2	Equipos para la producción y sistemas de seguridad: tales como: alarmas, pasillos, almacenes, calles, estacionamientos, etc.
1	Edificios e instalaciones estéticas: ejemplos: jardines, campos deportivos, sanitarios, fuentes, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

Acá la lista de los recursos que se incluyeron para la lista de código máquina:

- Sistema eléctrico
- Sistema de clutch
- Motor
- Sistema de frenos
- Caja de velocidades
- Eje trasero (diferencial)
- Sistema de combustible
- Neumáticos
- Carrocería
- Eje cardan

Se procedió a darle la clasificación, a cada recurso según lo indica la tabla No.9 según qué tan importantes o vitales son para el funcionamiento del bus y de cómo están ligados los otros recursos, ya que si uno falla, los otros también, o la falla de uno no afecta a los demás.

Tabla XIII. **Código máquina de la empresa**

Código máquina	Recurso
10	Motor
9	Sistema de frenos
8	Sistema de clutch
7	Caja de velocidades
6	Eje trasero (diferencial)
5	Sistema de combustible
4	Sistema eléctrico
3	Eje cardan
2	Neumático
1	Carrocería

Fuente: elaboración propia.

Luego se tiene establecida la tabla de código trabajo la cual detalla el tipo de trabajo aplicado al recurso; también, están enumeradas en orden jerárquico. En la siguiente tabla se mostrará el listado de código trabajo.

Tabla XIV. Descripción código trabajo

Código trabajo	Trabajo a realizar
10	Paros: todo aquello que se ejecute para atender las causas de pérdida del servicio o de la calidad esperada proporcionada por las máquinas, instalaciones y construcciones vitales e importantes. O aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos.
9	Acciones preventivas urgentes: todo trabajo tendente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el apartado anterior y que pudieron haber surgido por inspecciones, pruebas, avisos de alarmas, entre otros.
8	Trabajos de auxilio a la producción. modificaciones tendentes a optimizar la producción, o surgidas por cambio de producto o por mejoras al mismo, entre otros.
7	Acciones preventivas no urgentes: todo trabajo tendente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto 10 (lubricación, atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, entre otros)
6	Acciones preventivas generales: todo trabajo tendente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y que no se hayan divisado posibles fallas.
5	Acciones rutinarias: trabajos en máquinas o equipos de repuesto, en herramientas de conservación y en atención a las rutinas de seguridad.
4	Acciones para la mejora de la calidad: todo trabajo tendente a mejorar los resultados de producción y de conservación.
3	Acciones para la disminución del costo: todo trabajo tendente a minimizar los costos de producción y conservación y que no esté considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor de potencia eléctrica en la empresa, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en el verano, entre otros).
2	Acciones de salubridad y estética: todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles y donde el personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura, aseo o desinfección de lugares como subestación eléctrica, salas de computación, entre otros)
1	Acciones de aseo y orden: trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de conservación.

Fuente: elaboración propia.

Con toda esta información se podrá realizar un ejemplo de cómo aplicarlo.

- Un bus reporta que una manguera de freno se enredó en el eje cardan del bus.
- Un bus reporta que el pedal del clutch está duro y cuesta que las velocidades engranen.

Como explica el índice ICGM, en la tabla XIII del código trabajo, se observa que trabajo se realizará en cada recurso. Para el primero, según la tabla, se le da un valor de 10 y a la segunda un valor de 10.

Con la ecuación 4, se multiplican ambos casos por su código máquina:

- Sistema de frenos : $ICGM = 9 * 10 = 90$
- Sistema de clutch: $ICGM = 8 * 7 = 70$

Se decide atender primero el sistema de frenos ya, que la vida y seguridad de los pasajeros debe ir primero, en cualquier situación.

Los códigos del ICGM no son constantes durante toda la vida útil de las máquinas ya que pueden cambiar de labor, producto, volumen, producción, en fin, tener cualquier cambio que aumente o disminuya la importancia y calidad del servicio que deben proporcionar; por lo que es bueno tener en cuenta que se debe estudiar el costo tiempo de las reparaciones.

Es necesario tener registradas las tablas para cuando se requiera su utilización; en el departamento de mantenimiento debe existir un listado actualizado de los códigos trabajo.

Con este tipo de herramienta la forma correcta de operar es la siguiente: cuando el bus presente una falla el piloto se la debe comunicar al técnico y este comunicársela al encargado para que con la ayuda de las tablas pueda establecer la gravedad de la falla y así proceder a delegar que trabajos se realizarán primero; luego se lo debe comunicar al técnico el cual procederá a arreglar la falla, en ese momento también se llenará una orden (tabla XV) para solicitar el repuesto necesario con el encargado; de no contar con el repuesto el encargado debe coordinar su compra o reparación.

Al terminar el correctivo, se archivará la orden de trabajo de la unidad para darle el seguimiento de que no se vuelva a repetir esa falla constantemente; si llegara a suceder se tomará la decisión de hacer un trabajo más a fondo para eliminar la falla crónica.

3.4. Mantenimiento de partes principales del bus

Para impedir fallas que generen pérdidas de tiempo, mala calidad en el servicio y gastos innecesarios, se tendrá un listado de acciones que ayudarán a complementar los servicios que se les brindan a las unidades.

Las actividades se desglosarán en función de partes específicas de los buses para llevar un mayor control de mantenimiento y la reducción de fallas futuras.

3.4.1. Lubricación periódica

La fricción es una de las mayores causas de desgaste en un motor, cajas de velocidades, cojinetes de rueda, entre otros; por esa razón, es recomendable

la lubricación periódica de ciertos elementos para reducir la fricción y alargar su vida útil.

A continuación el listado de las partes que necesitan una lubricación periódica y las acciones pertinentes:

- Motor: es la parte más importante de un bus por lo tanto se debe revisar su nivel de aceite diariamente y realizar el cambio cada 6 000 km con un aceite 15w-40 (según manual del fabricante y tabla IV)
- Caja de velocidades: es la encargada de transmitir la fuerza del motor hacia las ruedas, se debe cambiar su aceite aproximadamente cada 80 000 Km con un aceite 80w-90 (según manual del fabricante, tabla V y tabla VII).
- Diferencial: sufre un gran esfuerzo al repartir la fuerza en las llantas traseras y tiene que lubricar los rodamientos de las mismas, por eso se debe cambiar su aceite cada 40 000 Km con un aceite 85w-140 (según manual del fabricante, tabla VI y tabla VIII).
- Respecto a la lubricación de estos 3 elementos se recomienda sacar muestras de aceites para que se tenga una noción de cómo se están comportando los aceites y así tal vez prolongar su uso.
- Rodamientos delanteros: soportan la carga de las llantas delanteras, por eso debe observar que la grasa no contenga partículas de polvo, agua o desgaste, cada vez que se revisen las fricciones.

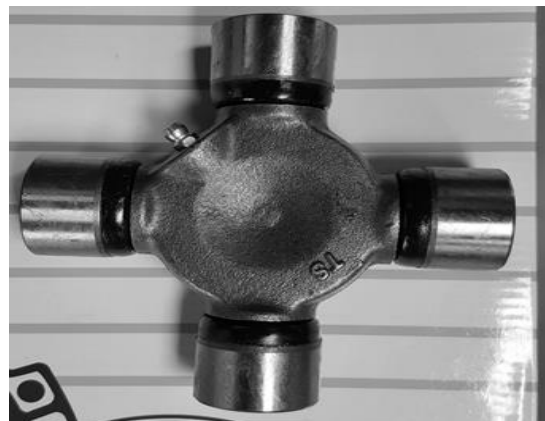
Figura 29. **Grasa utilizada**



Fuente: elaboración propia

- Crucetas de transmisión: ya que también están sometidas a grandes esfuerzos diarios se deben engrasar de manera frecuente.

Figura 30. **Cruceta de transmisión**



Fuente: elaboración propia.

- Bujes de resortaje: al soportar el peso del bus también se deben engrasar de manera frecuente.

Figura 31. **Pasador y buje de resortaje**



Fuente: elaboración propia.

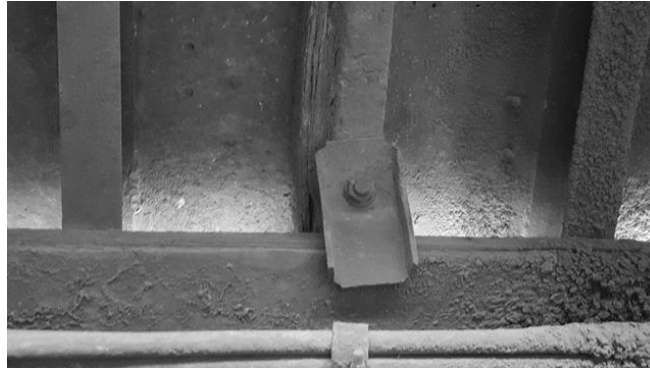
3.4.2. Mantenimiento de carrocería

Durante el uso diario de los buses en las carreteras del país la cuales están en mal estado, la estructura de todo el bus sufre golpes y desajustes de sus partes las cuales se debe reparar o reemplazar; también, se debe revisar el ajuste de los tornillos y las tuercas de los componentes que van debajo del bus.

Por eso cada tres meses se debe verificar los siguientes elementos:

- Revisar y apretar los tornillos que unen el chasis con la carrocería del bus.

Figura 32. **Tornillo de unión de carrocería y chasis**



Fuente: elaboración propia.

- Revisar y apretar los pernos tipo U que sujetan los resortajes en el eje delantero y trasero.

Figura 33. **Resortaje delantera sujetado por pernos tipo U**



Fuente: elaboración propia.

- Revisar que no haya rajaduras en los cargadores de resortajes.
- Revisar y apretar los tornillos de los cargadores de resortajes.
- Revisar o reemplazar la madera que soporta la carrocería en el chasis.

- Revisar que no haya rajaduras en los largueros del chasis.
- Revisar el estado de las escaleras de abordaje como las de carga.
- Revisar que no estén fracturadas las sillas de los pasajeros.
- Revisar que no estén rotos los cojines y respaldos de los pasajeros.
- Revisar el estado de las paqueteras interiores.
- El método de tintas penetrantes ayuda a detectar fisuras que no se puedan ver a simple vista.

Al terminar el mantenimiento de la carrocería, se debe reparar o cambiar el elemento que se encuentre deteriorado según lo amerite el caso.

3.4.3. Mantenimiento del sistema eléctrico

El bus de transporte extraurbano debe ir bien señalizado en la carretera, para resguardar la seguridad de los pasajeros a bordo; por eso mismo las luces que llevan las unidades deben funcionar correctamente así como los otros elementos que trabajan con base en energía eléctrica, todo esto para evitar algún cortocircuito dentro de la unidad.

- Revisar las luces interiores del techo del bus.
- Revisar las luces de los indicadores del tablero.
- Revisar las luces exteriores del bus (freno, baja, media, alta, retroceso, intermitentes, luces extras).
- Revisar bornes y líquido de batería.
- Revisar limpiaparabrisas.
- Revisar el funcionamiento del motor de arranque.
- Revisar funcionamiento del alternador.
- Revisar el estado del radio.

Figura 34. **Vista de luces frontales**



Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Vista de luces traseras**



Fuente: elaboración propia.

En las luces interiores del techo y luces exteriores del bus se utilizan del tipo LED, por lo cual su cambio está sujeto a que debe funcionar por lo menos del 50 % de cada lámpara.

Figura 36. **Figura 36. Luz LED**



Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Mantenimiento de los neumáticos

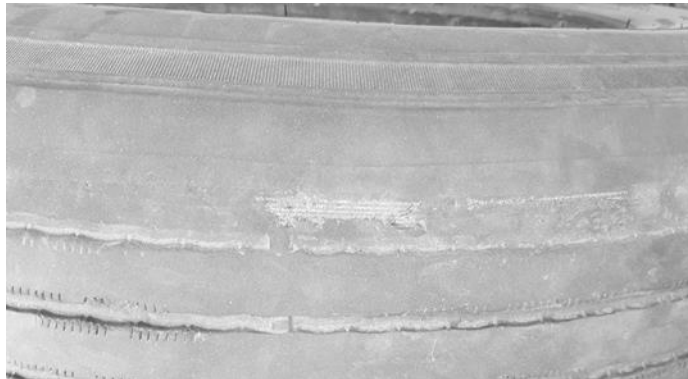
El recorrido diario de un bus está ligado a diversos factores que afectan sus componentes; en este caso los neumáticos sufren de las condiciones adversas de las calles de nuestro país; por lo mismo; su desgaste y durabilidad varían; esto también afecta el balance; el cual produce vibración en el timón y hace más inestable el manejo del bus.

Figura 37. **Neumático**



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Desgaste irregular**



Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta que si alguno de estos llegara a fallar, podría causar un accidente grave el cual, se puede evitar realizándole a los neumáticos su respectivo mantenimiento diario el cual se detalla a continuación.

- Revisión diaria
 - Calibración de llantas no exceder los 100psi ni ser menor de los 80psi.
 - Ajuste de la válvula de presión.
 - Observar el desgaste irregular.
 - Medición del desgaste del neumático.
 - Observar que no haya grietas o elementos insertados en los neumáticos.
 - Observar siempre el estado del neumático de repuesto.

Unos de estos aspectos es de vital importancia, el cual es la medición del desgaste de los neumáticos la cual se debe medir según lo muestra la figura 39, con un medidor de profundidad o un vernier, se debe colocarlo en las ranuras principales del neumático y la medida no debe ser menor de 1,6 mm (según manual de Continental Tires).

Figura 39. **Medición de la profundidad del neumático**



Fuente: elaboración propia.

Con la revisión diaria se le debe dar seguimiento al desgaste del neumático ya que cuando esté presente un desgaste irregular o mediciones no concordantes se recomienda la alineación o balanceo de los neumáticos para que tengan un desgaste parejo y así se alargue su vida útil.

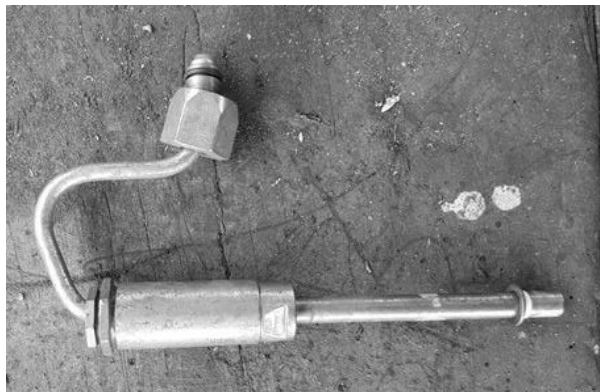
Para que cuando lleguen al límite de los 1,6 mm se proceda al cambio de neumáticos.

3.4.5. Sistema de combustible

El sistema de combustible que genera el funcionamiento del motor de un bus está compuesto de elementos básicos los cuales al fallar afectarán severamente al motor.

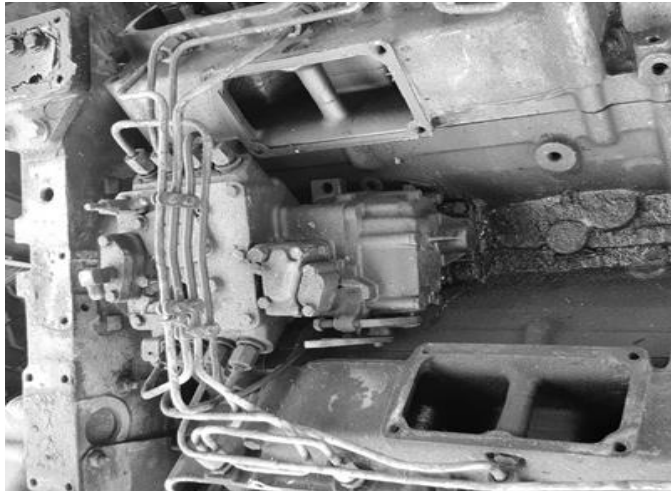
Por eso, el darle un mantenimiento adecuado al sistema de combustible es vital para alargar la vida útil de nuestro motor en las figuras siguientes se muestran los elementos más importantes de un sistema de combustible.

Figura 40. **inyector diésel**



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Bomba de inyección de motor CATERPILLAR 3208**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Base con filtro de diésel**



Fuente: elaboración propia.

Las acciones más importantes que se debe tomar en cuenta con estos elementos son los siguientes:

- Cambio de filtro de diésel cada 6 000 km.
- Purgado de trampa de agua diariamente.
- Inspección de mangueras de combustible.
- Calibración de inyectores cada 2 años o 100 000 km, como lo recomienda el manual.
- Revisión de tubería de inyectores 2 años o 100 000 km.
- Servicio o reparación de bomba de inyección cada 100 000 km.

3.5. Inventario de repuestos

La manera más ordenada de controlar los repuestos que se compran y se cambian para realizar los mantenimientos dentro de la empresa, es contar con un inventario ordenado el cual detallará la existencia de repuestos para no quedarse sin los mismos al momento que se necesita y al momento de contar con pocas unidades estar listos para abastecerse.

En la creación del inventario hay que tener en cuenta dos consideraciones: el punto de vista técnico o de ingeniería el cual dice que si se cuenta con un gran número de repuestos o material, mayor será la disponibilidad de reparar los buses en este caso.

La otra consideración es el estado financiero o económico: si se compra pocos repuestos para tener almacenados, es menos dinero inmovilizado, entonces este se puede utilizar para la compra de otras cosas.

Para esto también hay dos criterios que ayudaron para la selección de los repuestos que se debe tener en stock:

- Responsabilidad dentro de la empresa
- Necesidad de stock en bodega

Y se desglosan de la siguiente manera

- Responsabilidad dentro del equipo
 - Piezas sometidas a desgaste (cojinetes)
 - Consumibles cambio en menos de un año
 - Elementos de regulación y mando
 - Piezas móviles (engranajes)
 - Componentes eléctricos
 - Piezas estructurales
- Necesidad de *stock* en planta
 - Criticidad de equipos (A,B,C)
 - Plazo de aprovisionamiento
 - Costo de la pieza

Estos dos criterios ayudaron para generar un desglose de como seleccionar los repuestos necesarios para tener dentro del *stock*, empezando con la siguiente lista:

- Equipo o partes críticas (A,B,C)
- Repuestos críticos
- Repuestos de más consumo
- Repuestos con largo tiempo de entrega

Donde también se debe tener en cuenta:

- Precio (niveles de costo)
- Probabilidad de falla
- Impacto de la falla

Antes de poner en práctica los criterios anteriores, se debe iniciar con la contabilización de repuestos que se tienen ya en la empresa para saber con qué se cuenta; luego se deben catalogar los repuestos para tenerlos de forma más ordenada, por ejemplo: filtros, neumáticos, aceite, entre otros.

También se debe identificar para qué bus o motor corresponde cada uno para no mezclarlos o confundirlos al momento de utilizarlos en algún mantenimiento.

Con la ayuda de la tabla XV código máquina de la empresa, ya se tiene una idea de partes críticas del bus, este es un buen punto para partir, ya que se podrá ir desglosando cada parte e irlos asociando con las listas anteriores.

Por ejemplo, el motor es la prioridad más alta; entonces, las piezas sometidas al desgaste de este elemento serían piezas internas como las tejas del cigüeñal, los bujes del eje de levas o los cilindros del motor; estos elementos están diseñados para soportar grandes cargas a largo plazo por lo cual no sería necesario tener una gran cantidad en el *stock*, pero estos al fallar generan un gran impacto, pero conseguirlos en el mercado no es tan complicado.

Siguiendo con otro componente del mismo motor se puede mencionar repuestos que se consumen en menos de un año y que también son de gran

consumo: los filtros del motor, filtro de diésel, filtro de aceite, filtro de aire, entre otros, estos repuestos que son los que más se consumen y se multiplican por el número de unidades que se tiene, si es necesario tener una cantidad lógica dentro del *stock*.

Esto es un ejemplo de cómo se puede asociar los criterios para crear un inventario de repuestos con los componentes que utiliza un bus.

A continuación una descripción de cómo etiquetar un filtro:

Figura 43. **Filtro de aceite**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Detalle de filtro**

Descripción:	Filtro de aceite
Marca:	WIX
Número:	51799
Equivalencia:	FLEETGUARD
Número:	LF3883
Motor:	INTERNATIONAL 466
Ubicación:	Estante 1 A
Existencias:	4 UNI
Precio unitario:	Q150.00

Fuente: elaboración propia.

La mejor manera de llevar un inventario actualizado es con la ayuda de un programa en computadora ya que facilita el ingreso de información así como la rapidez de busca en existencia de repuestos.

3.6. Coordinación para conseguir repuestos carentes en el inventario

Al momento de realizar un mantenimiento preventivo que ya se tiene programado, se debe contar con los repuestos que se van a cambiar; pero en un mantenimiento correctivo puede ser que no se cuente con el repuesto necesario en el *stock* de repuestos.

Para esto se debe de contar con proveedores que faciliten la compra de algún repuesto, pero esto depende de muchos factores: distancia, existencia del repuesto, tiempo.

Por eso mismo se debe conocer la localización de los proveedores, la comodidad de los precios, si cuentan con servicio a domicilio, si dan garantía y la disponibilidad de repuestos.

Al momento de tener estos datos se debe elaborar una lista indicando con orden de importancia a que proveedor se le contactará primero para solicitar un repuesto.

También se debe contar con una persona dentro de la empresa que se coordine con el encargado del inventario para la compra de repuestos con poca o nula existencia, y en caso de un mantenimiento correctivo esta persona esté disponible para también conseguir el repuesto en el menor tiempo posible.

4. FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

La empresa depende de las acciones del departamento de mantenimiento ya que gracias a este se logran realizar todas las actividades necesarias que requiere cada bus para su funcionamiento diario.

La responsabilidad es una de las más grandes cualidades que se debe tener ya que la empresa genera su ganancias con los buses realizando sus recorridos; entonces, al estar un bus inhabilitado se generan pérdidas que afectan en la empresa.

Por eso mismo, el departamento de mantenimiento en conjunto debe trabajar en orden y con seguridad dentro de la empresa y también tiene que lograr que se cumplan las siguientes condiciones:

- Planear y programar los mantenimientos de los buses.
- Determinar la cantidad de técnicos necesarios para cumplir con el mantenimiento óptimo.
- Determinar el presupuesto para los recursos humanos necesarios.
- Ordenar la limpieza de las áreas de trabajo de cada persona.
- Estar al tanto de la seguridad de las personas que trabajan en la empresa.
- Asegurar que los mantenimientos estén realizados con óptimas condiciones y que de ello depende la seguridad de los usuarios.

4.1. Recursos humanos necesarios

El recurso humano depende del tamaño de la empresa; en este caso tiene a cargo el mantenimiento de 8 buses y la coordinación del movimiento de los mismos, por eso se comenzará con la persona a cargo de estas dos acciones que van de la mano.

El encargado de mantenimiento y logística debe ser el responsable que se cumpla con los mantenimientos y que después de estos los buses cumplan su recorrido diario.

Él también debe cumplir con las siguientes funciones:

- Crear las órdenes de trabajo para las actividades diarias en la empresa.
- Establecer las funciones y responsabilidades de las personas dentro de la empresa.
- Llevar el control de inventario y las órdenes de trabajo ligadas a este.
- Determinar el presupuesto para la compra de repuestos.
- Evaluar y mejorar los procedimientos internos para llegar a tener un trabajo que cumpla todas las expectativas.
- Velar por la seguridad de todos dentro de la empresa.

A continuación, el mecánico general será el que realice los mantenimientos preventivos y otros arreglos que requiera la unidad; además, estará siempre en comunicación con el encargado de mantenimiento para mantener actualizadas las fichas de las unidades y así mismo pedir los recursos necesarios para realizar los mantenimientos.

También, es el encargado de realizar los mantenimientos correctivos que surjan; también, debe coordinar las acciones de los demás técnicos dentro de la empresa.

También es necesario contar con una persona que esté a cargo del sistema eléctrico ya que las unidades siempre presentan algún problema con este sistema, otra persona necesaria será el ayudante del mecánico general al cual se le asignen los trabajos de soldadura, corte y engrase de los buses, aparte de su apoyo al mecánico.

4.2. Diseño de fichas de control

La creación de las fichas será un gran aporte al seguimiento de los mantenimientos realizados, así como de los repuestos usados, también para llevar el historial y descripción de cada unidad dentro de la empresa.

También, servirá un control de la reducción de fallas ya que se podrá comparar las fichas de mantenimientos correctivos realizados durante los meses y así entre menos se tengan más efectivos serán los mantenimientos preventivos.

4.2.1. Para inventario

Esta ficha reúne la información de repuestos consumibles y de repuestos específicos que usan las unidades.

Para los consumibles la ficha contiene la siguiente información: marca, código, descripción, equivalencia y precio. Esta servirá para crear un archivo en el cual se sabrá la cantidad de repuestos existentes.

La tabla 16 muestra una ficha de cómo se cataloga cada filtro.

Con la ficha que registra la salida del repuesto de bodega, se le ha colocado la información del filtro o repuesto, la unidad donde será utilizado y la orden de trabajo donde está ligado; con esto se sabrá que repuestos han sido utilizados para no quedarse sin existencias y tener un mayor control en la bodega de repuestos.

La tabla 17 muestra una ficha de salida de bodega .

4.2.2. Para un orden de trabajo

Para realizar los mantenimientos se deben crear órdenes que respalden el trabajo hecho tanto para un preventivo como un correctivo y así tener un historial para saber qué se le realizó a cada unidad; estas órdenes indicarán: trabajo o servicio a realizar, quién lo realiza, qué repuestos utilizó, a qué unidad se lo realiza, entre otros.

La tabla 18 muestra una orden de trabajo.

4.2.3. Para historial de un bus

La información individual de cada bus debe quedar registrada por cualquier consulta que se desee hacer ya que se les pueden realizar reparaciones de grandes magnitudes como el cambio de un motor; también, se agregará la información de los papeles de circulación perteneciente a cada bus.

La tabla 19 muestra una ficha para el historial de un bus.

4.2.4. Para un reporte de actividades

Las actividades rutinarias o diarias se debe enlistar para crear una ficha de registro que cada piloto revisó los puntos importantes para el funcionamiento óptimo del bus. Esta ficha será de ayuda tanto para el piloto como para el mecánico para reportar fallas o anomalías ya que se deberá llenar diariamente.

La tabla 20 muestra una ficha para un reporte de actividades.

4.3. Diseño de archivo

Al momento de haber creado las fichas para las diferentes actividades, estas se deben archivar con una orden para cuando se quieren hacer consultas de trabajos, equipos, repuestos.

Por eso el encargado debe crear un archivo el cual debe estar en un área alejada de la de trabajo para preservar las fichas en buen estado al cual solo debe tener acceso el encargado; las demás personas deben pedir autorización para realizar alguna búsqueda para que no se presenten problemas alterando datos de las fichas.

También, el uso de un medio digital, una computadora, va a facilitar el control de lo que suceda dentro de la empresa y con la ayuda de hojas de Microsoft Excel se podrá llevar el historial de las órdenes de trabajo que se generen o realicen; también, será un gran apoyo para el control del inventario ya que se podrá saber con qué repuestos se cuentan de una manera rápida y ordenada. En estas épocas es primordial contar con la ayuda de un ordenador.

5. INFORME PARA EL SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA PROPUESTO

Para el seguimiento del programa propuesto, con la ayuda de los documentos creados, las nuevas propuestas para trabajar, se tendrá un control más ordenado de los trabajos realizados, y gracias a eso podremos apoyar es el uso de indicadores de mantenimiento, se estarán utilizando 3:

- Tiempo medio entre fallas: es la relación entre el producto del número de ítems, por sus tiempos de operación y el número de fallas detectadas, en esos ítems en el periodo observado.

$$TMEF = \frac{No.IT * HROP}{\Sigma NTMC}$$

[Ec. 7]

No.IT= número de ítems

HROP= horas de operación del equipo

NTMC= número total de fallas

Se usará este índice para los activos que son reparados después que ocurre una falla, por ejemplo en bus se puede aplicar en el motor.

- Tiempo medio para reparación: es la relación entre el tiempo total de la reparación correctiva en un conjunto de ítems o activos con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en un periodo.

$$TMPR = \frac{\Sigma HTMC}{NTMC}$$

[Ec. 8]

HTMC= horas totales del mantenimiento preventivo

NTMC= número total de fallas

Este índice se utilizará para ítems o activos para los cuales el tiempo de reparación o sustitución es significativo con relación al tiempo de operación, en un bus algunos de los ítems serán el motor, sistema de clutch o la carrocería.

- Tiempo medio para falla: es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems o activos no reparables y el número total de fallas detectadas en esos activos, en un periodo observado.

$$TMPF = \frac{\Sigma HROP}{NTMC}$$

[Ec. 9]

HROP= horas de operación del equipo

NTMC= número total de fallas

Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla, al ser no reparables serían las lámparas LED o bocinas del radio, por ejemplo.

- Disponibilidad de los equipos: es la relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado, con el número de horas intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento

preventivo, mantenimiento correctivo u otros) para cada ítem observado y el número total de horas de periodo considerado.

$$DISP = \frac{\Sigma(HCAL - HTMN)}{\Sigma HCAL} * 100$$

[Ec.10]

DISP= disponibilidad del equipo

HCAL= horas calendario

HTMN= horas de intervención de personal de mantenimiento

Este indicador ayudará a saber qué bus ha tenido el menor tiempo de intervención por el departamento de mantenimiento y así otorgarle un recorrido que sea un poco más exigente si fuera necesario.

Con la ayuda de estos cuatro índices se le debe dar seguimiento al plan propuesto para seguir la evolución de los trabajos ya que los índices al principio no pueden ser los esperados pero con esos mismos resultados se puede ir conociendo dónde se está fallando y así hacer los cambios pertinentes para encontrar el camino correcto hacia la mejora.

Otro contratiempo podría ser el retraso de los mantenimientos por falta de repuestos en bodega lo que quiere decir que no se está llevando bien el manejo del inventario.

Por el lado de las demás implementaciones, se le recomienda a la empresa realizar auditorías internas para revisar el estado de las áreas de trabajo así como el inventario y que cuadren las fichas de repuestos utilizados con las ordenes de trabajo para saber que si están utilizando los repuestos y se está abasteciendo la bodega con los recursos necesarios.

CONCLUSIONES

1. El estudio de la optimización del mantenimiento preventivo para la reducción de fallas extraurbanas de la empresa Transportes Veloz Porteña llegó al resultado de modificar las forma de trabajar, según en manuales, especificaciones y un control detallado de los trabajos.
2. Las debilidades del mantenimiento preventivo fueron analizadas gracias al método FODA; se escuchó a los trabajadores de la empresa planteando sus opiniones y luego ordenándolas para crear el orden de importancia de cada una.
3. La implementación de fichas de control, órdenes de trabajo y de un inventario dará a la empresa una facilidad para trabajar y hará que los empleados se adapten a estos documentos y así cumplan el fin para que fueron creados.
4. Los indicadores de mantenimiento con los datos recolectados mostrarán un resultado el que se utilizará para llevar informes comparativos en los cuales, el estudio implementado demostrará que ha realizado cambios para mejorar la empresa.

RECOMENDACIONES

Al dueño de la empresa:

1. Aunque se realiza un mantenimiento de primera calidad a los buses, se compren repuestos de la mejor calidad y se trabaje de la manera más cautelosa posible no servirá de nada si el piloto incumple con las normas de seguridad al volante; por esa razón se le deben brindar capacitaciones sobre educación vial, seguridad e higiene, autocontrol, motivación, mecánica básica; por ejemplo, para su profesionalización.
2. También todo el personal técnico sea capacitado constantemente ya que la tecnología avanza y se debe avanzar en conjunto para solucionar problemas que se presenten en un futuro.
3. Capacitar al personal administrativo con programas de manejo de datos para llevar el control de toda la información que se genera en la empresa.

A los empleados:

4. Que el personal administrativo realice constantemente una auditoría interna para que el encargado de bodega mantenga los documentos en orden y también mantenga la cantidad necesaria de repuestos para los mantenimientos.

5. Que el encargado establezca procedimientos de diagnóstico y reparación de fallas los cuales ayuden a simplificar las tareas y que también se puedan controlar los tiempos que duran los trabajos.
6. Al encargado de mantenimiento que controle los indicadores de los mantenimientos correctivos, ya que en es más tiempo se pierde ya que afecta los recorridos del bus; la empresa debe facilitar todas las herramientas posibles para cumplir con su trabajo.
7. Que el dueño de la empresa y el departamento de mantenimiento se reúnan periódicamente para darle seguimiento al estudio realizado con la ayuda de los indicadores de mantenimiento, y así realizar ajustes que sean necesarios para mejorar el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. CATERPILLAR. *Operation & maintenance 3208 truck engine*. [en línea]. <<https://www.amazon.com/Caterpillar-Operation-Maintenance-40-S1-UP-99R1-UP/dp/B004HUE456>>. [Consulta: 11 de octubre de 2015].
2. CEAC, S. A. *Manual CEAC del automóvil*. España: Casa del libro, 2003. 959 p.
3. Continental. *Neumáticos para vehículos comerciales*. [en línea]. <<http://www.continental-neumaticos.es/camion-autobus>>. [Consulta: 11 de octubre de 2015].
4. Eaton Fuller. *Transmisiones de servicio pesado*. Estados Unidos: Kalamazoo, 2007. 24 p.
5. PÉREZ, ROSA, Manuel Alexander; MILES HERNÁNDEZ, Luis Alonso y PÉREZ LÓPEZ, José Ricardo. *Manual de aplicaciones de herramientas y técnicas del mantenimiento predictivo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2009. 621 p.
6. RESTREPO, José. *Mecánico automotriz*. [en línea]. <<http://www.mecanicoautomotriz.org/647-manual-mecanica-automotrizmantenimiento-preventivo-vehiculos-diésel>>. [Consulta: 10 de febrero de 2015]

7. TAVARES, Laurival Augusto. *Administración moderna de mantenimiento*.
Brasil: Novo Polo Publicacoes. 1999. 158 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Ficha de inventario de repuestos

Página #1		Ficha de inventario de repuestos		
Descripción		Filtro de aceite		Transportes Veloz Porteña
Marca	Equivalencia 1	Equivalencia 2		
Wix	Fleetguard			
Número	Número	Número		
51799	Lf3883			
Existencias		Ubicación		
12		Estante 1a		
Equipo		Precio		
C-401bgb		Q120.00		
Descripción:				
Marca	Equivalencia 1	Equivalencia 2		
Número	Número	Número		
Existencias		Ubicación		
Equipo		Precio		
Descripción:				
Marca	Equivalencia 1	Equivalencia 2		
Número	Número	Número		
Existencias		Ubicación		
Equipo		Precio		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Boleta de salida de repuesto**

Boleta no.000001	Boleta de salida de repuesto		Fecha: 01/01/1990
Descripción			Transportes Veloz Porteña
Filtro de aceite			
Marca	Equivalencia 1	Equivalencia 2	
Wix	Fleetguard		
Número	Número	Número	
51799	Lf3883		
Cantidad a usar		Orden de trabajo	
1 uni.		No. 000007	
Para unidad no.		Solicitante	
401bgb		Mecánico general	
Observaciones			
Autoriza		Recibe	
Firma		Firma	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Orden de trabajo

Orden no.000001	Orden de trabajo		Fecha: 01/01/1990
Transportes veloz porteña			
Solicitante:		Área:	
Unidad a trabajar:		Preventivo	
		<input type="checkbox"/>	
Piloto de unidad:		Correctivo	
		<input type="checkbox"/>	
Trabajo a realizar			
Hora de inicio:		Hora de finalización:	
Repuestos a utilizar:			
Orden de inventario:		Observaciones	
Trabajo realizado por:			
Autoriza:			
La unidad cumplió su recorrido:			
Si			
No			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Ficha de historial de un bus**

Transportes Veloz Porteña		
Historial de bus		
Número de placa:	Marca:	Año:
Motor:	Número de pasajeros:	Piloto:
No. De tarjeta de operación		
Últimas reparaciones importantes realizadas		
Descripción	Fecha	
Nombre de encargado de revisión:	Firma:	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Ficha para un reporte de actividades**

Transportes Veloz Porteña			
Reporte de actividades			
Número de placa:		Marca:	
Kilometraje:		Piloto:	
Actividades		Óptimo	Nivelar
Actividades		Óptimo	Vacío
Actividades		Alerta	Fallo
Actividades		Sí	No
Actividades		Alerta	Fallo
Actividades		Alerta	Fallo
Observaciones			
Necesita reparaciones extras		Nombre de encargado:	
Sí	No		
		Firma	

Fuente: elaboración propia.

